

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-148715

(43)Date of publication of application : 07.06.1996

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01L 29/205

H01L 21/331

H01L 29/73

H01L 31/0264

H01L 31/10

(21)Application number : 06-280141

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 15.11.1994

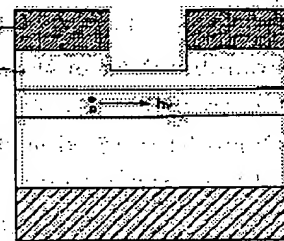
(72)Inventor : IMAMURA KENICHI

(54) OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE AND OPTICAL INTEGRATED CIRCUIT DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide unoptical semiconductor device and an optical integrated circuit device such as a semiconductor light-emitting device and a semiconductor photoelectric conversion device with multi-emitter bipolar transistor structure.

CONSTITUTION: A semiconductor light-emitting device consists of a collector region 1, a base region 2 where no electrode is led externally, two or more emitter regions 31, 32, ..., a collector electrode 4, and emitter electrodes 51, 52, ... and light is emitted by the recombination of electrons and positive holes in the junction region between two or more emitter and base regions by applying voltage to two or more emitter regions. A semiconductor photoelectric conversion device is in the similar structure and current flowing among two or more emitter regions is controlled by applying an energy which is equal to or more than the energy gap of the prohibition band at the base region. In an optical integrated circuit device, these optical semiconductor devices or semiconductor amplification devices are formed on a same substrate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more — having — this — impressing an electrical potential difference between two or more emitter regions — this — the semi-conductor luminescence equipment characterized by making light emit by the recombination of the electron in the junction field of two or more emitter regions and these base regions, and an electron hole.

[Claim 2] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more — having — this collector field — this — the band gap of two or more emitter regions — the band gap of this base region — large — carrying out — this — impressing an electrical potential difference between two or more emitter regions — this — the semi-conductor luminescence equipment characterized by making light emit by the recombination of the electron in the junction field of two or more emitter regions and these base regions, and an electron hole.

[Claim 3] irradiating the light which has the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more, and has the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by controlling the current which flows between two or more emitter regions.

[Claim 4] irradiating the light which has the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more, and has the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by controlling the current which flows between any one piece or the plurality of two or more emitter regions, and this collector field.

[Claim 5] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more — having — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by forming a dummy base electrode on the base region between two or more emitter regions.

[Claim 6] Semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by claim 5 characterized by having the property that a dummy base electrode penetrates the light of specific wavelength.

[Claim 7] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more — having — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by forming the emitter electrode which has the property which penetrates the light of specific wavelength on at least one of the two or more emitter regions.

[Claim 8] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more — having — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by not having an emitter electrode on at least one of the two or more emitter regions.

[Claim 9] irradiating the light which it has the bipolar transistor structure which consists of a collector

field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more, and this collector field is divided into two or more fields, and has the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region — this — the current which flows between two or more emitter regions — or — this — the semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by to control the current which flows between two or more collector fields.

[Claim 10] Semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 characterized by forming a Fabry-Perot resonator in the field which prepares the reflective film in the outside of a collector field, and includes this base region to claim 9.

[Claim 11] semi-conductor photo electric conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 characterize by make an electron tunnel in the valence band of a base region from the conduction band of an emitter region , and promote neutralization of the superfluous majority carrier in a base region to claim 10 by have the bipolar transistor structure which consist of a collector field , a base region which do not pull out an electrode outside , and two emitter regions or more , and dope the impurity more than an effective density of states to this emitter region and this base region .

[Claim 12] Semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 characterized by improving sensibility by impressing the potential difference below a threshold beforehand between two or more emitter regions to claim 11.

[Claim 13] Semi-conductor photo-electric-conversion equipment characterized by promoting neutralization of the superfluous majority carrier which the valence band of a base region was made to tunnel an electron from the conduction band of an emitter region, and was generated by the optical exposure in bipolar transistor structure by doping the impurity more than an effective density of states to an emitter region and a base region.

[Claim 14] Semi-conductor optical switch equipment characterized by controlling the semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 to claim 13 by light emitted from the semi-conductor luminescence equipment indicated by claim 1 or claim 2.

[Claim 15] one or more semi-conductor luminescence equipments indicated by claim 1 or claim 2 and the semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 to claim 13 — a substrate top — arranging — this — the light which one or more semi-conductor luminescence equipments emit — this — the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment characterized by controlling one or more semi-conductor photo-electric-conversion equipments.

[Claim 16] Semi-conductor optical-integrated-circuit equipment characterized by forming any one or more and the semi-conductor amplifying device of the semi-conductor luminescence equipment indicated by claim 1 or claim 2 and the semi-conductor photo-electric-conversion equipment indicated by any 1 term from claim 3 to claim 13 on the same substrate.

[Claim 17] Semi-conductor optical-integrated-circuit equipment indicated by claim 15 or claim 16 characterized by intercepting the current between semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment, and making light penetrate by forming the field inactivated by the ion implantation between semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to semi-conductor luminescence equipment, semi-conductor photo-electric-conversion equipment and the semi-conductor optical switch equipment that used them, and semi-conductor optical-integrated-circuit equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] recently, densification and accelerating demand semiconductor integrated circuit equipment — having — **** — especially — current — the appearance of the integrated circuit device exceeding the property of the integrated circuit device using MOSFET of the silicon (Si) currently used is expected. [many] Although the expectation is met, in the hot electron transistor (HET), what has the multi-emitter (ME) structure where two or more emitters were formed is developed as one recently.

[0003] Furthermore, it sets to a bipolar transistor (BT) and a heterojunction bipolar transistor (HBT) as a semiconductor device of the same vertical mold as HET. n mold high impurity concentration of an emitter is set to $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ [sufficiently higher than an electronic effective density of states ($- 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)]. In ME-HBT set to $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ [sufficiently higher than the effective density of states ($- 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$) of an electron hole], p mold high impurity concentration of the base It became possible to become possible to reduce base resistance, and to be able to realize the integrated circuit device of the conventionally impossible multi-emitter mold at a room temperature, and to high-performance-ize.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention aims at offering optical semiconductor devices, such as semi-conductor luminescence equipment which has multi-emitter heterojunction bipolar transistor (ME-HBT) structure, and semi-conductor photo-electric-conversion equipment, especially the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment which combined them.

[0005]

[Means for Solving the Problem] the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in the semi-conductor luminescence equipment concerning this invention — having — this — impressing an electrical potential difference between two or more emitter regions — this — the configuration made to emit light by the recombination of the electron in the junction field of two or more emitter regions and these base regions and an electron hole was adopted.

[0006] moreover, this case — this collector field — this — the band gap of two or more emitter regions — the band gap of this base region — large — carrying out — this — impressing an electrical potential difference between two or more emitter regions — this — light can be made to emit by the recombination of the electron in the junction field of two or more emitter regions and these base regions, and an electron hole

[0007] moreover, the thing for which the light which has the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in the semi-conductor photo-electric-conversion equipment concerning this invention, and has the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region is irradiated — this — the configuration which controls the current which flows between two or more emitter regions was adopted.

[0008] moreover, the thing for which the light which has the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in other semi-conductor photo-electric-conversion equipments concerning this invention, and

has the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region is irradiated — this — the configuration which controls the current which flows between either of two or more emitter regions or both, and this collector field adopted.

[0009] moreover, the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in other semi-conductor photo-electric-conversion equipments concerning this invention — having — this — the configuration in which the dummy base electrode was formed on the base region between two or more emitter regions was adopted. In this case, the property which penetrates the light of specific wavelength can be given to a dummy base electrode.

[0010] moreover, the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in other semi-conductor photo-electric-conversion equipments concerning this invention — having — this — the configuration in which the emitter electrode which has the property which penetrates the light of specific wavelength was formed on at least one of the two or more emitter regions was adopted.

[0011] moreover, the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more in other semi-conductor photo-electric-conversion equipments concerning this invention — having — this — the configuration which does not have an emitter electrode was adopted on at least one of the two or more emitter regions.

[0012] Moreover, it sets to other semi-conductor photo-electric-conversion equipments concerning this invention. It has the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more. By dividing this collector field into two or more fields, and irradiating light with the energy beyond the energy gap of the forbidden band of this base region this — the current which flows between two or more emitter regions — or — this — the configuration which controls the current which flows between two or more collector fields was adopted.

[0013] In these semi-conductor photo-electric-conversion equipments, the reflective film can be prepared in the outside of a collector field, and a Fabry-Perot resonator can be formed in a field including this base region.

[0014] Moreover, in these semi-conductor photo-electric-conversion equipments, by having the bipolar transistor structure which consists of a collector field, a base region which does not pull out an electrode outside, and two emitter regions or more, and doping the impurity more than an effective density of states to this emitter region and this base region, an electron can be made to be able to tunnel in the valence band of a base region from the conduction band of an emitter region, and neutralization of the superfluous majority carrier in a base region can be promoted.

[0015] In this case, also in the usual bipolar transistor structure, by doping the impurity more than an effective density of states to an emitter region and a base region, the valence band of a base region can be made to be able to tunnel an electron from the conduction band of an emitter region, and neutralization of the superfluous majority carrier generated by the optical exposure can be promoted.

[0016] Moreover, in these semi-conductor photo-electric-conversion equipments, sensibility can be improved by impressing the potential difference below a threshold beforehand between two or more emitter regions.

[0017] Moreover, in the semi-conductor optical switch equipment concerning this invention, the configuration which controls said one of semi-conductor photo-electric-conversion equipments by light emitted from said one of semi-conductor luminescence equipments was adopted.

[0018] moreover, the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment concerning this invention — setting — one or more above semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment — a substrate top — arranging — this — the light which one or more semi-conductor luminescence equipments emit — this — the configuration which controls one or more semi-conductor photo-electric-conversion equipments was adopted.

[0019] Moreover, in other semi-conductor optical-integrated-circuit equipments concerning this invention, any one or more of said one of semi-conductor luminescence equipments and the semi-conductor photo-electric-conversion equipment and the configuration in which the semi-conductor amplifying device was formed on the same substrate were adopted.

[0020] The current between semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment is intercepted, and light can be made to penetrate by forming the field inactivated by the ion implantation in these cases between semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0021]

[Function] Drawing 1 is the principle explanatory view of the ME-HBT mold semi-conductor luminescence equipment of this invention. Setting to this drawing, 1 is a collector field and 2 is a base region and 31. The 1st emitter region and 32 The 2nd emitter region and 4 are a collector electrode and 51. The 1st emitter electrode and 52 It is the 2nd emitter electrode.

[0022] In the ME-HBT mold semi-conductor luminescence equipment which is to the base of this invention The base region 2 of the 2nd conductivity type is formed on the collector field 1 of the 1st conductivity type as shown in drawing 1 . The 1st emitter region 31 of the 1st conductivity type of high high impurity concentration [top / this / base region 2] The 2nd emitter region 32 It is formed. a collector electrode 4 forms in the collector field 1 — having — the 1st emitter region 31 **** — the 1st emitter electrode 51 forming — the 2nd emitter region 32 **** — the 2nd emitter electrode 52 It is formed.

[0023] In addition, the base region 2 is not pulled out outside. Moreover, the 1st emitter region 31 The 2nd emitter region 32 On the base region 2 of a between, it is the 1st emitter region 31. The 2nd emitter region 32 It was left behind whether the semiconductor regions to constitute are few and it prevented a base region 2 receiving damage in a production process, and the surface state of a base region 2 deteriorated under the effect of the open air after manufacture, or recombination was increased by the pn junction which came out to the front face, and it has prevented a component property deteriorating.

[0024] The 1st emitter electrode 51 of the ME-HBT mold semi-conductor luminescence equipment of this structure The 2nd emitter electrode 52 An electrical potential difference can be impressed in between and optical hnu can be made to emit by pouring in an electron and an electron hole and making the electron and electron hole which were poured in recombine in the junction field between an emitter region and a base region.

[0025] Drawing 2 is the principle explanatory view of the ME-HBT mold semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this invention, (A) is a sectional view and (B) is an explanatory view of operation. Setting to this drawing, 11 is a collector field and 12 is a base region and 131. The 1st emitter region and 132 The 2nd emitter region and 14 are a collector electrode and 151. The 1st emitter electrode and 152 It is the 2nd emitter electrode.

[0026] In the ME-HBT mold semi-conductor photo-electric-conversion equipment which is to the base of this invention The base region 12 of the 2nd conductivity type is formed on the collector field 11 of the 1st conductivity type as shown in drawing 2 (A). The 1st emitter region 131 of the 1st conductivity type of high high impurity concentration [top / this / base region 12] The 2nd emitter region 132 It is formed. a collector electrode 14 forms in the collector field 11 — having — the 1st emitter region 131 **** — the 1st emitter electrode 151 it forms — having — the 2nd emitter region 132 **** — the 2nd emitter electrode 152 is formed.

[0027] In addition, the base region 12 is not pulled out outside like the semi-conductor luminescence equipment of drawing 1 . Moreover, the 1st emitter region 131 The 2nd emitter region 132 On the base region 12 of a between, it is the 1st emitter region 131. The 2nd emitter region 132 It has prevented leaving behind whether the semiconductor regions to constitute are few, and preventing a base region 12 receiving damage by the production process, and the surface state of a base region 12 deteriorating under the effect of the open air after manufacture. Moreover, the 1st emitter region 131 left behind to

the front face of a base region 12 The 2nd emitter region 132 If a band gap forms the semi-conductor to constitute with a large ingredient, the recombination of the electron in a base region 12 and an electron hole can be reduced.

[0028] For the energy band structure when not irradiating optical hnu at the ME-HBT mold semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this structure, as shown by the continuous line of drawing 2 (B), the bottom of the conduction band of a base region 12 and the summit of a valence band are the 1st emitter electrode 151. It is higher than the bottom of the conduction band of the 2nd emitter electrode 152, and the summit of a valence band.

[0029] If incidence of the light which has the energy exceeding the bandgap energy E_g of a base region 12 in this ME-HBT mold semi-conductor photo-electric-conversion equipment is carried out, an electron and an electron hole pair are generated by the base region 12, an electron will be divided into a conduction band and an electron hole will be divided into a valence band.

[0030] The 1st emitter electrode 151 The 2nd emitter electrode 152 It is the 1st emitter electrode 151 in the condition of not irradiating light in between. The 2nd emitter electrode 152 When the electrical potential difference which is extent to which a current does not flow is impressed in between, The summit of the valence band of a base region 12 is the 1st emitter region 131. The 2nd emitter region 132 Since it is higher than a valence band, The bottom of the conduction band of a base region 12 and the summit of a valence band fall as the electron hole generated by the exposure of light is accumulated in a base region 12 and shown to drawing 2 (B) by the broken line.

[0031] Therefore, the 1st emitter region (E1) 131 The obstruction between base regions (B) 12 falls, and it is the 1st emitter electrode 151. The 2nd emitter electrode 152 A current flows in between. The existence of optical hnu and strength are detectable with change of this current.

[0032] One of the descriptions of this invention is the 2nd emitter region 132 about the superfluous electron hole produced all over the base region. It is that make steep descent of the collector current when making an electron recombine with the electron which moves to a base region 12 with the tunnel between bands, and intercepting optical hnu, and it carries out high-speed operation. Fundamentally, the above-mentioned purpose is the 2nd emitter region 132. It is attained by promoting the tunnel between bands by making high impurity concentration high and narrowing depletion-layer width of face of pn junction.

[0033]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained.
(The 1st example) Drawing 3 is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 1st example. Setting to this drawing, 21 is a collector field and 22 is a base region and 231. The 1st emitter region and 232 The 2nd emitter region and 24 are a collector electrode and 251. The 1st emitter electrode and 252 It is the 2nd emitter electrode.

[0034] It sets to the semi-conductor luminescence equipment of this example, and is the n mold InGaAs (300nm in thickness). On the collector field 21 which consists of $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$, it is the p mold InGaAs (80nm in thickness). The base region 22 which consists of $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ is formed, and it is the n mold InAlGaAs (200nm in thickness) on it. The 1st emitter region 231 which consists of $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, and the 2nd emitter region 232 It forms. The collector electrode 24 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) is formed in the collector field 21. The 1st emitter region 231 The 1st emitter electrode 251 which turns from Cr/Au (20/300nm in thickness) up It forms and is the 2nd emitter region 232. The 2nd emitter electrode 252 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) upwards similarly It forms.

[0035] In addition, it is not pulled out outside but a base region 22 is the 1st emitter region 231. The 2nd emitter region 232 On the base region 22 of a between, it is the 1st emitter region 231. The 2nd emitter region 232 It has prevented whether the semiconductor regions to constitute are few preventing a base region 22 receiving damage in a production process, although left behind consequently, and the surface state of a base region 22 deteriorating under the effect of the open air after manufacture.

[0036] The 1st emitter electrode 251 of the semi-conductor luminescence equipment of this example

The 2nd emitter electrode 252 An electrical potential difference is impressed in between, an electron and an electron hole are poured in, and they are the 1st emitter region 231 and the 2nd emitter region 232 about this electron and electron hole. Optical hnu can be made to emit by making it recombine in the junction field between base regions 22.

[0037] The 1st emitter region 231 and the 2nd emitter region 232 When the usual HBT is high to about 5 times and high impurity concentration is carried out, operating voltage can be lowered and they are the 1st emitter region 231 and the 2nd emitter region 232. The recombination of the electron in the junction field between base regions and an electron hole is promoted, and it becomes possible to start laser oscillation.

[0038] (The 2nd example) Drawing 4 is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example. Setting to this drawing, 21 is a collector field and 21c. For the 1st emitter contact field and 23c2, the 2nd emitter contact field and 24 are [a collector contact field and 22 / a base region and 23 / an emitter region and 23c1] a collector electrode and 251. The 1st emitter electrode and 252 It is the 2nd emitter electrode.

[0039] It sets to the semi-conductor luminescence equipment of this example, and is the n mold InGaAs (300nm in thickness). Collector contact field 21c which consists of $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ Upwards The collector field 21 which consists of an n mold InAlAs (300nm in thickness, $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$) is formed. The base region 22 which consists of a p mold InGaAs (70nm in thickness, $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$) on it is formed. The emitter region 23 which consists of an n mold InAlAs (200nm in thickness, $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) on it is formed. The 1st emitter contact field 23c1 and the 2nd emitter contact field 23c2 which consist of an n mold InGaAs (200nm in thickness, $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$) on it are formed. Collector contact field 21c The collector electrode 24 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) is formed: It is the 1st emitter electrode 251 to the 1st emitter contact field 23c1. It forms and is the 2nd emitter electrode 252 to the 2nd emitter contact field 23c2. It forms.

[0040] this collector field 21, a base region 22, an emitter region 23, the 1st emitter contact field 23c1, and the 2nd emitter contact field 23c2 — MBE — law or MOCVD — it grows up by law and etching which used the etching reagent of a phosphoric-acid system performs the emitter mesa which separates a collector mesa and the 1st emitter contact field 23c1, and the 2nd emitter contact field 23c2.

[0041] Drawing 5 is the production process explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example, and (A) – (C) shows each process. Setting to this drawing, 20 is a semi-insulating substrate and 21 is a collector field and 21c. For a collector contact layer and 22, a base region and 23 are an emitter region and 23c. For the 1st emitter contact field and 23c2, the 2nd emitter contact field and 24 are [an emitter contact layer and 23c1] a collector electrode and 251. The 1st emitter electrode and 252 It is the 2nd emitter electrode.

[0042] Although this process explanatory view explains the manufacture approach of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example, the point using a semi-insulating substrate and the structure which forms a collector electrode differ from the configuration of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example shown in drawing 4.

[0043] The 1st process (refer to drawing 5 (A)) the semi-insulating substrate 20 top which consists of InP — MBE — emitter contact layer 23c which consists of collector contact layer 21c which consists of an n mold InGaAs, the collector field 21 which consists of an n mold InAlAs, the base region 22 which consists of a p mold InGaAs, an emitter region 23 which consists of an n mold InAlAs, and an n mold InGaAs by law It grows up.

[0044] The 2nd process (refer to drawing 5 (B)) Emitter contact layer 23c The resist film which has opening is formed upwards, this is made into a mask, the etching reagent of a phosphoric-acid system is used, and it is emitter contact layer 23c. It etches alternatively and the emitter mesa which consists of a 1st emitter contact field 23c1 and a 2nd emitter contact field 23c2 is formed.

[0045] The 3rd process (refer to drawing 5 (C))

The resist film is formed in the field which is going to form semi-conductor luminescence equipment, this resist film is used as a mask, emitter contact layer 23c, an emitter region 23, a base region 22, and the collector field 21 are alternatively etched using the etching reagent of a phosphoric-acid system, and a collector mesa is formed.

[0046] Exposed collector contact layer 21c The collector electrode 24 which consists of Cr/Au is formed, and it is the 1st emitter electrode 251 on the 1st emitter contact field 23c1. It forms and is the 2nd emitter electrode 252 on the 2nd emitter contact field 23c2. It forms.

[0047] In this case, if it leaves the emitter region 23 which consists of a larger n mold InAlAs than the band gap of a base region 22 on the base region 22 which consists of a p mold InGaAs, the generated light is shut up all over a base region 22, and loss of the light which spreads this base region 22 can be reduced. Thus, the structure on the base region 22 between the 1st emitter contact field 23c1 and the 2nd emitter contact field 23c2 of having an emitter mesa on the whole surface mostly is realizable by using a ME-HBT production process.

[0048] The 1st emitter electrode 251 of the semi-conductor luminescence equipment of this configuration The 2nd emitter electrode 252 An electron and an electron hole can be poured in and light can be made to emit by impressing an electrical potential difference in between by making this electron and electron hole recombine in the junction field of an emitter region 23 and a base region 22.

[0049] In HBT which forms on the same substrate and has the same structure as this semi-conductor luminescence equipment according to the same process as this semi-conductor luminescence equipment If the collector field 21 is formed with a wide gap ingredient, the effect of lifting of the collector current by impact ionization in the collector field 21 can be suppressed. Moreover, by making the band gap of an emitter region 23 and the collector field 21 larger than a base region 22, the light generated all over a base region 22 is shut up two-dimensional, and the transmission loss in the inside of a base region 22 can be reduced.

[0050] (The 3rd example) Drawing 6 is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 3rd example. Setting to this drawing, 21 is a collector field and 22 is a base region and 231. The 1st emitter region and 232 The 2nd emitter region and 24 are a collector electrode and 251: The 1st emitter electrode and 252 The 2nd emitter electrode and 26 are dummy base electrodes.

[0051] In the semi-conductor luminescence equipment of this example, like the semi-conductor luminescence equipment shown in drawing 3 A base region 22 is formed on the collector field 21. On it The 1st emitter region 231, The 2nd emitter region 232 Form and a collector electrode 24 is formed in the collector field 21. The 1st emitter region 231 The 1st emitter electrode 251 It forms and is the 2nd emitter region 232. The 2nd emitter electrode 252 It forms and is the 1st emitter region 231. The 2nd emitter region 232 The dummy base electrode 26 is formed on the base region 22 of a between.

[0052] The 1st emitter electrode 251 of this semi-conductor luminescence equipment The 2nd emitter electrode 252 Impress an electrical potential difference in between and an electron and an electron hole are poured into it. They are the 1st emitter region 231 and the 2nd emitter region 232 about this electron and electron hole. Although optical hnu can be made to emit by making it recombine in the junction field of a base region 22 When the dummy base electrode 26 of protection-from-light nature is formed, this luminescent mechanism is the outpatient department light hnu1. Being influenced is lost.

[0053] In addition, it sets to the semi-conductor luminescence equipment of this example, and they are the dummy base electrode 26, the 1st emitter electrode 251, and the 2nd emitter electrode 252. If it forms with the ingredient which has the property which penetrates the light of specific wavelength or more for one at least, optical hnu generated through that field can be made to emit.

[0054] (The 4th example) Drawing 7 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 4th example. Setting to this drawing, 31 is a collector field and 32 is a base region and 331. The 1st emitter region and 332 The 2nd emitter region and 34 are a collector

electrode and 351. The 1st emitter electrode and 352 It is the 2nd emitter electrode.

[0055] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example It is the n mold InGaAs (300nm in thickness) as well as the semi-conductor luminescence equipment shown in drawing 3 . On the collector field 31 which consists of $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$, it is the p mold InGaAs (80nm in thickness). The base region 32 which consists of $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ is formed, and it is the n mold InAlGaAs (200nm in thickness) on it. The 1st emitter region 331 which consists of $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, and the 2nd emitter region 332 It forms. The collector electrode 34 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) is formed in the collector field 31. The 1st emitter region 331 The 1st emitter electrode 351 which turns from Cr/Au (20/300nm in thickness) up It forms and is the 2nd emitter region 332. The 2nd emitter electrode 352 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) upwards similarly It forms.

[0056] In addition, it is not pulled out outside but a base region 32 is the 1st emitter region 331 and the 2nd emitter region 332. On the base region 32 of a between, it is the 1st emitter region 331. The 2nd emitter region 332 It has prevented leaving behind whether the semiconductor regions to constitute are few, and preventing a base region 32 receiving damage by the production process, and the surface state of a base region 32 deteriorating under the effect of the open air after manufacture.

[0057] If incidence of optical hnu of the wavelength exceeding the bandgap energy E_g of a base region 32 is carried out to this semi-conductor photo-electric-conversion equipment An electron and an electron hole pair are generated by the base region 32, an electron is divided into a conduction band and an electron hole is divided into a valence band. In order that an electron hole may pile up in a base region 32, the bottom of a conduction band and the summit of a valence band fall. The 1st emitter region 331 The obstruction between base regions 32 falls and it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 Since a current flows in between, the existence of light and strength are detectable with this current.

[0058] In this case, the 1st emitter region 331 The 2nd emitter region 332 It receives, potential of the collector field 31 is made low, and an electron can be prevented from moving to the collector field 31 side. Under the present circumstances, the electron hole of an electron and an electron hole pair generated to the collector field 31 by the exposure of optical hnu also flows into a base region 32, and it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 It contributes to the current which flows in between.

[0059] The 1st emitter electrode 351 of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example The 2nd emitter electrode 352 If the potential below a threshold is impressed beforehand in between, the standup of the output current by the exposure of optical hnu is improvable. moreover, the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example — setting — the 1st emitter region 331 The 2nd emitter region 332 The potential of the forward direction is impressed to the collector field 31 side. from — In the condition of enabling it to arrive an electron at the collector field 31, and not irradiating optical hnu When an emitter current does not flow, therefore it is made for collector current I_c not to flow and optical hnu is irradiated, If an emitter current (base current) flows and it is made for collector current I_c to also flow, semi-conductor photo-electric-conversion equipment operates as HBT, an output is amplified and only the part of the current gain can improve the detection precision of light remarkably.

[0060] Moreover, it sets in the above-mentioned example and is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 Although change of the current which flows in between detected the existence of light, and strength, it replaces with this, and it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 The existence of light and strength are also detectable with change of the current which flows between collector electrodes 34 with either or both.

[0061] (The 5th example) Drawing 8 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 5th example. Setting to this drawing, 31 is a collector field and 32 is a base region and 331. The 1st emitter region and 332 The 2nd emitter region and 34 are a collector electrode and 351. The 1st emitter electrode and 352 The 2nd emitter electrode and 36 are dummy

base electrodes.

[0062] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example A base region 32 is formed on the collector field 31 like the semi-conductor photo-electric-conversion equipment shown in drawing 7 . They are the 1st emitter region 331 and the 2nd emitter region 332 on it. It forms. A collector electrode 34 is formed in the collector field 31, and it is the 1st emitter region 331. The 1st emitter electrode 351 is formed upwards. The 2nd emitter region 332 It is the 2nd emitter electrode 352 upwards. It forms and is the 1st emitter region 331. The 2nd emitter region 332 The dummy base electrode 36 is formed on the base region 32 of a between.

[0063] The 1st emitter electrode 351 of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example The 2nd emitter electrode 352 Where an electrical potential difference is impressed in between If incidence of optical hnu of the wavelength which exceeds the bandgap energy of a base region 32 along a base region 32 is carried out An electron and an electron hole pair are generated by the base region 32, an electron is divided into a conduction band, an electron hole is divided into a valence band, and it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 Although the existence of the light which carried out incidence, and strength are detectable since a current flows in between Since the dummy base electrode 36 of protection-from-light nature is formed, it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 Outpatient department light hnu1 which carries out incidence from between It can prevent blocking detection of optical hnu which is signal light, and stable actuation can be expected.

[0064] Moreover, if this dummy base electrode is formed with a conductive coat and the current near a threshold is passed through this dummy base electrode, the semi-conductor photo-electric-conversion equipment which answers the exposure of light promptly can be obtained. And it can form again at the same process as this semi-conductor photo-electric-conversion equipment, and can prevent actuation of the semi-conductor amplifying device which has the same structure as this being blocked by outpatient department light.

[0065] Although it was called the dummy base electrode since it formed in the process which forms the base electrode of other equipments to integrate, it sets in this example, and the dummy base electrode 36 of this example is the outpatient department light hnu1. If it is the coat which has the property to intercept, it is sufficient, and the dummy base electrode 36 can also consist of light-shielding films of arbitration.

[0066] Moreover, the mask ROM which can be operated by the exposure of light can be constituted by arranging two-dimensional and forming the dummy base electrode 36 of protection-from-light nature alternatively on the base region 32 of specific semi-conductor photo-electric-conversion equipment by adopting the below-mentioned configuration for the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example. By carrying out parallel connection of two or more such mask ROMs, and irradiating light alternatively at each mask ROM, a mask ROM can be switched suitably and the information on a specific mask-ROM proper can be read.

[0067] (The 6th example) Drawing 9 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 6th example. Setting to this drawing, 31 is a collector field and 32 is a base region and 331. The 1st emitter region and 332 The 2nd emitter region and 34 are a collector electrode and 351. The 1st emitter electrode and 352 The 2nd emitter electrode and 36 are dummy base electrodes.

[0068] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example A base region 32 is formed on the collector field 31 like the semi-conductor photo-electric-conversion equipment shown in drawing 7 . They are the 1st emitter region 331 and the 2nd emitter region 332 on it. It forms. A collector electrode 34 is formed in the collector field 31, and it is the 1st emitter region 331. The 1st emitter electrode 351 is formed upwards. The 2nd emitter region 332 It is the 2nd emitter electrode 352 upwards. It forms and is the 1st emitter region 331. The 2nd emitter region 332 The dummy base electrode 36 which has the filter property to make the light of specific wavelength penetrate is formed

on the base region 32 of a between.

[0069] The 1st emitter electrode 351 of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example The 2nd emitter electrode 352 Where an electrical potential difference is impressed in between, only when irradiating the light of the specific wavelength which penetrates the dummy base electrode 36, it is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 The current or collector Ic current of a between can be modulated.

[0070] Moreover, the mask ROM which can be activated by the exposure of the light of specific wavelength can be constituted by arranging much semi-conductor photo-electric-conversion equipments of this example two-dimensional, and forming alternatively the dummy base electrode 36 which has the filter shape which makes the light of specific wavelength penetrate on the base region 32 of semi-conductor photo-electric-conversion equipment. The information which changes with one mask ROMs can be switched and read to this mask ROM by irradiating alternatively the light of the wavelength which penetrates the dummy base electrode 36, and the light of different wavelength from this wavelength. A semi-conductor multilayered film, a dielectric multilayered film, etc. which have the property to make the light of specific wavelength penetrate as a dummy base electrode 36 of this example can also be used.

[0071] (The 7th example) Drawing 10 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 7th example. Setting to this drawing, 31 is a collector field and 31c. For the 1st emitter contact field and 33c2, the 2nd emitter contact field and 34 are [a collector contact field and 32 / a base region and 33 / an emitter region and 33c1] a collector electrode and 351. The 1st emitter electrode and 352 The 2nd emitter electrode 36 is a dummy base electrode.

[0072] It sets to the semi-conductor luminescence equipment of this example, and is the n mold InGaAs (300nm in thickness). Collector contact field 31c which consists of $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ Upwards The collector field 31 which consists of an n mold InAlAs (300nm in thickness, $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$) is formed. The base region 32 which consists of a p mold InGaAs (70nm in thickness, $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$) on it is formed. The emitter region 33 which consists of an n mold InAlAs (200nm in thickness, $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) on it is formed. The 1st emitter contact field 33c1 and the 2nd emitter contact field 33c2 which consist of an n mold InGaAs (200nm in thickness, $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$) on it are formed. Collector contact field 31c The collector electrode 34 which consists of Cr/Au (20/300nm in thickness) is formed. It is the 1st emitter electrode 351 to the 1st emitter contact field 33c1. It forms and is the 2nd emitter electrode 352 to the 2nd emitter contact field 33c2. It forms.

[0073] It sets to the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example, and they are the 1st emitter electrode 351 and the 2nd emitter electrode 352. Since it formed with the ingredient which has the property which penetrates the light of specific wavelength, they are the 1st emitter electrode 351 and the 2nd emitter electrode 352. It can let it pass and optical hnu can be irradiated. as the ingredient which has the property which penetrates the light of specific wavelength — an InSnO system and NgIn 2O4 etc. — a spinel system crystal can be used. Since especially the latter is applied to the light from near-infrared, and the light of a wide band is penetrated and it shows electrical conductivity with 10^4 S/cm extent good as conductivity, it is usable enough as a transparent electrode of this example.

[0074] (The 8th example) Drawing 11 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 8th example. Setting to this drawing, for an emitter region and 33c1, the 1st emitter contact field and 33c2 are [33] the 2nd emitter contact field and 371. The 1st emitter outgoing line and 372 It is the 2nd emitter outgoing line.

[0075] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example, an electrode is not formed on the 1st emitter contact field 33c1 and 2nd emitter contact field 33c2** on an emitter region 33, but it is the 1st emitter outgoing line 371 to the edge of the 1st emitter contact field 33c1. It connects and is the 2nd emitter outgoing line 372 to the edge of the 2nd emitter contact field 33c2. It

connects.

[0076] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example, since it can let the 1st emitter contact field 33c1, the 2nd emitter contact field 33c2, and an emitter region 33 pass and direct light hnu can be irradiated in a base region, incidence of optical hnu can be carried out effective in a base layer. In this case, it is necessary to make sufficiently high high impurity concentration of the 1st emitter contact field 33c1 and the 2nd emitter contact field 33c2, and to reduce that resistance.

[0077] (The 9th example) Drawing 12 is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 9th example. Setting to this drawing, 31 is a collector field and 32 is a base region and 331. The 1st emitter region and 332 The 2nd emitter region and 34 are a collector electrode and 351. The 1st emitter electrode and 352 The 2nd emitter electrode and 38 are multilayer reflective film.

[0078] In the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example A base region 32 is formed on the collector field 31. On it The 1st emitter region 331, Form the 2nd emitter region 332 and an InAlAs layer / eight period of InGaAlAs(es) in which each class has the thickness of the quarter-wave length of incident light hnu are deposited on the collector field 31. The Fabry-Perot resonator is formed in the field which forms the multilayer reflective film 38 to the light of the wavelength, and includes a base region 32. A collector electrode 34 is formed in the outside, and it is the 1st emitter region 331. The 1st emitter electrode 351 It forms and is the 2nd emitter region 332. It is the 2nd emitter electrode 352 upwards. It forms.

[0079] Incidence of optical hnu of the wavelength exceeding the bandgap energy E_g of a base region 32 can be carried out to this semi-conductor photo-electric-conversion equipment, the Fabry-Perot resonator can be designed suitably, and photoelectric conversion efficiency can be improved by making the antinode of the standing wave of incident light hnu in agreement with a base region 32 or the collector field 31.

[0080] (The 10th example) Drawing 13 and drawing 14 are the explanatory views of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 10th example of operation, and (A) - (E) shows the energy band in the condition of differing. It sets to this drawing and is E1: The 1st emitter region and E2 For a collector field and e, an electron and h are [the 2nd emitter region and B / a base region and C / the potential of the 1st emitter region and VE2 of an electron hole and VE1] the potentials of the 2nd emitter region.

[0081] These drawings are the 1st emitter region E1 of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this example. The 2nd emitter region E2 Different potential is given and behavior of the time of not irradiating optical hnu, the energy band when irradiating, an electron, and an electron hole is shown in three dimensions.

[0082] The 1st condition ($0 < VE1 << VE2$ hnu making) (refer to drawing 13 (A))

The 1st emitter region E1 Potential VE 1 and the 2nd emitter region E2 Both potentials VE 2 are just carried out, and it is the 2nd emitter region E2. It is the 1st emitter region E1 about potential VE 2. It is made higher than potential VE 1, and the energy band when not irradiating optical hnu is shown. In this condition, since electronic e and an electron hole h are not generated in base region B, collector current I_c does not flow.

[0083] The 2nd condition (those with $0 < VE1 << VE2$ hnu) (refer to drawing 13 (B))

The 1st emitter region E1 Potential VE 1 and the 2nd emitter region E2 Both potentials VE 2 are just carried out, and it is the 2nd emitter region E2. It is the 1st emitter region E1 about potential VE 2. It is made higher than potential VE 1, and the energy band at the time of irradiating light is shown. In this condition, electronic e and an electron hole h are generated by the exposure of light at base region B, since the valence band of base region B has convex, the generated electron hole is accumulated in base region B, Electron e moves to the collector field C according to the inclination of the potential of a conducting sleeve, and collector current I_c flows.

[0084] The 3rd condition ($0 < VE1 << VE2$ hnu continuation) (refer to drawing 13 (C))

The 1st emitter region E1 Potential VE 1 and the 2nd emitter region E2 Both potentials VE 2 are just carried out, and it is the 2nd emitter region E2. It is the 1st emitter region E1 about potential VE 2. It is made higher than potential VE 1, and the energy band at the time of continuing irradiating light is shown. while the electron e generated by base region B moves to the collector field C in this condition according to the inclination of the potential of a conducting sleeve by the exposure of light, in order that the electron hole generated by the exposure of light may be accumulated in the valence band of base region B and may lower the potential of base region B — the 1st emitter region E1 from — the electron e poured into base region B — the collector field C — moving — collector current Ic — ****.

[0085] The 4th condition ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ hnu cutoff) (refer to drawing 14 (D))

The 1st emitter region E1 Potential VE 1 and the 2nd emitter region E2 Both potentials VE 2 are just carried out, and it is the 2nd emitter region E2. It is the 1st emitter region E1 about potential VE 2. It is made higher than potential VE 1, and the energy band at the time of intercepting the exposure of light is shown.

[0086] Although the exposure of light is intercepted in this condition The electron hole generated by the exposure of light before it is accumulated in the valence band of base region B, and it is the 2nd emitter region E2. Since potential VE 2 is high, The electron hole of the valence band of base region B, and the 2nd emitter region E2 Since the energy levels of the electron of a conducting sleeve differ, it is the 2nd emitter region E2. The electron e of a conducting sleeve does not tunnel between bands to base region B. In order that an electron hole h may pile up in the valence band of base region B, the potential of base region B has fallen, and it is the 1st emitter region E1. The poured-in electron e moves to the collector field C through base region B, and a collector Ic current continues flowing.

[0087] The 5th condition ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ hnu cutoff) (refer to drawing 14 (E))

The 1st emitter region E1 Potential VE 1 and the 2nd emitter region E2 Both potentials VE 2 are just carried out. The 2nd emitter region E2 It is the 1st emitter region E1 about potential VE 2. Although it is higher than potential VE 1 The 1st emitter region E1 They are near and the 2nd emitter region E2 to potential VE 1. It is set as the potential a conducting sleeve and whose valence band of base region B correspond, and the energy band at the time of intercepting the exposure of light is shown.

[0088] Since the exposure of light is intercepted in this condition, there is no generating of an electron and an electron hole pair, and it is the 2nd emitter region E2. Since the energy level of the electron hole in the electron in a conducting sleeve and the valence band of base region B is in agreement, The 2nd emitter region E2 In order that the electron in a conduction band may neutralize with the electron hole which tunneled between bands to the valence band of base region B, and was piling up in the valence band of base region B, the potential of base region B — going up — the 1st emitter region E1 from — migration to the collector field C of the electron e poured in will be barred, and a collector Ic current will not flow.

[0089] it be semi-conductor photo electric conversion equipment of this example with which realize this 5th condition have the bipolar transistor structure which consist of a collector field , a base region which do not pull out an electrode outside , and two emitter regions or more , it can dope the impurity more than an effective density of states to an emitter region and a base region , can make an electron able to tunnel in the valence band of a base region from the conduction band of an emitter region , can promote neutralization with the superfluous majority carrier in a base region , and can shorten a turn-off time .

[0090] In ME-HBT which has two emitters in the 10th example (The 11th example) The potential of the emitter of the direction which is not used as usual photo-electric-conversion equipment is adjusted. Although the example which improves adjustment with the electronic instrument which realizes the optimum conditions which the electron of the conduction band of emitter region E can tunnel between bands to the valence band of base region B, shortens the switching time and has other ME-HBT structures was explained Also in the semi-conductor photo-electric-conversion equipment which has the bipolar transistor (HBT) structure of having one emitter, the same effectiveness can be acquired by

doping the impurity more than an effective density of states to emitter region E and base region B.

[0091] Drawing 15 is the explanatory view of conventional semi-conductor photo-electric-conversion equipment of operation, and (A) - (C) shows the energy band in the condition of differing. For an emitter region and B, in this drawing, a base region and C are [E / an electron and h of a collector field and e] electron holes.

[0092] This drawing shows behavior of the time of not irradiating optical hnu, the time of irradiating, the energy band when intercepting an exposure, an electron, and an electron hole to the semi-conductor photo-electric-conversion equipment which has the usual bipolar transistor structure which will be the requisite for the 11th example, and which is known from the former in three dimensions.

[0093] The 1st condition (hnu making) (refer to drawing 15 (A))

Electropositive potential is given to emitter region E to negative and the collector field C, and the energy band when not irradiating optical hnu at base region B is shown. In this condition, electronic e and an electron hole h are not formed in base region B, and since the obstruction between emitter region E and base region B is expensive, collector current I_c does not flow.

[0094] The 2nd condition (those with hnu) (refer to drawing 15 (B))

The energy band at the time of irradiating light, where the potential of emitter region E and the collector field C is left as it was is shown. In this condition, since electronic e and an electron hole h are generated by the exposure of light at base region B, and the generated electron hole is accumulated in the valence band of base region B with which the valence band has convex, consequently the potential over the electron e of base region B falls, the electron e poured into base region B from emitter region E and the electron e generated by the exposure of light move to the collector field C, and collector current I_c flows.

[0095] The 3rd condition (hnu cutoff) (refer to drawing 15 (C))

The energy band at the time of intercepting light, where the potential of emitter region E and the collector field C is left as it was is shown. Although electronic e and an electron hole h are not generated by base region B in this condition in order to intercept the exposure of light, since the high impurity concentration of emitter region E is low, It is accumulated in the valence band of base region B, without neutralizing with an electron the electron hole generated by the exposure of the light before it. The potential of base region B falls, the electron e poured into base region B from emitter region E flows, even if it intercepts the exposure of light, it does not return to an initial state quickly, but the switching rate by light falls.

[0096] Drawing 16 is the explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 11th example of operation, and (A) - (C) shows the energy band in the condition of differing. For an emitter region and B, in this drawing, a base region and C are [E / an electron and h of a collector field and e] electron holes.

[0097] The 1st condition (hnu making) (refer to drawing 16 (A))

Electropositive potential is given to emitter region E to negative and the collector field C, and the energy band when not irradiating optical hnu at base region B is shown. In this condition, electronic e and an electron hole h are not formed in base region B, and since the obstruction between emitter region E and base region B is expensive, collector current I_c does not flow.

[0098] The 2nd condition (those with hnu) (refer to drawing 16 (B))

The energy band at the time of irradiating light, where the potential of emitter region E and the collector field C is left as it was is shown. In this condition, since electronic e and an electron hole h are generated by the exposure of light at base region B, and the generated electron hole is accumulated in the valence band of base region B with which the valence band has convex, consequently the potential over the electron e of base region B falls, the electron e poured into base region B from emitter region E and the electron e generated by the exposure of light move to the collector field C, and collector current I_c flows.

[0099] The 3rd condition (hnu cutoff) (refer to drawing 16 (C))

The energy band at the time of intercepting light, where the potential of emitter region E and the collector field C is left as it was is shown. Although electronic e and an electron hole h are not generated by base region B in this condition in order to intercept the exposure of light, since the high impurity concentration of emitter region E and base region B is high, If the potential of base region B falls by the electron hole which was generated by the exposure of the light before it and was accumulated in the conduction band of base region B The width of face of the potential the potential of the electron of the conduction band of emitter region E and whose potential of the electron hole of the valence band of base region B correspond becomes large. It will become easy to move the electron of the conduction band of emitter region E to the valence band of base region B with the tunnel between bands, consequently neutralization with the superfluous electron hole of the valence band of base region B will be promoted, and the switching rate when intercepting the exposure of light is improved.

[0100] (The 12th example) Drawing 17 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical switch equipment of the 12th example. Setting to this drawing, 30 is a semi-insulating substrate and 311. The 1st collector field, 312 The 2nd collector field and 31c1 The 1st collector contact field, 31c2 is the 2nd collector contact field, and 32 is a base region and 331. The 1st emitter region, 332 The 2nd emitter region and 341 The 1st collector electrode and 342 The 2nd collector electrode and 351 The 1st emitter electrode and 352 The 2nd emitter electrode and 39 are isolation regions.

[0101] In the semi-conductor optical switch equipment of this example On a semi-insulating substrate 30, the 1st collector contact field 31c1 of n mold, the 2nd collector contact field 31c2, and the 1st collector field 311 of n mold, The 2nd collector field 312, the base region 32 of n mold, and the 1st emitter region 331 of n mold, The 2nd emitter region 332 It deposits and is the 1st collector electrode 341 to the 1st collector contact field 31c1. It forms. It is the 2nd collector electrode 342 to the 2nd collector contact field 31c2. It forms. The 1st emitter region 331 The 1st emitter electrode 351 It forms and is the 2nd emitter region 332. The 2nd emitter electrode 352 It forms and is the 1st emitter electrode 351. The 2nd emitter electrode 352 It is made a mask, the ion implantation of the p mold impurity is carried out, and the isolation region 39 is formed.

[0102] In this case, to an InGaAs/InAlGaAs system semi-conductor, Be, C, etc. can be used as a p mold impurity. Here, it is required to constitute a collector field from InGaAs instead of InAlGaAs.

[0103] The 1st emitter electrode 351 of the semi-conductor optical switch equipment of such structure The 2nd emitter electrode 352 When impress an electrical potential difference in between, pour in an electron and an electron hole, it is made to recombine all over a base region 32 and light is made to emit, this light is the 1st collector field 311. The 2nd collector field 312 It reaches and is the 1st collector electrode 341. The 2nd collector electrode 342 In order to give a modulation to the current of a between, thereby, switching operation becomes possible.

[0104] (The 13th example) Drawing 18 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical switch equipment of the 13th example. Setting to this drawing, 40 is a half-insulation InP substrate and 41 is an n mold InGaAs buffer layer and 42c. An n mold InGaAs collector contact layer and 42 are n mold InAlAs emitter layers, and an n mold InAlAs collector layer and 43 are [a p mold InGaAs base layer and 44] EO1. Semi-conductor luminescence equipment, OE1, and OE2 It is semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0105] In the semi-conductor optical switch equipment of this example On the half-insulation InP substrate 40, the n mold InGaAs buffer layer 41 and n mold InGaAs collector contact layer 42c, The n mold InAlAs collector layer 42, the p mold InGaAs base layer 43, and the n mold InAlAs emitter layer 44 are grown up continuously. Etch all these layers alternatively, isolate them, divide the emitter region of each equipment, and collector-electrode C and the emitter electrode E are formed suitably. Any one semi-conductor luminescence equipment EO1 of the 1st example thru/or the 3rd example Any one or more semi-conductor photo-electric-conversion equipments OE1 of the 4th example thru/or the 10th example, and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 It forms.

[0106] this semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 for example, the semi-conductor

photo-electric-conversion equipment of the format that the current change between two emitter electrodes detects incident light — being shown — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 Although the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the format that the current change between an emitter electrode and a collector electrode detects incident light is shown Semi-conductor luminescence equipment EO1 By the light to emit, they are semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2. It is switchable by controlling the current between an emitter electrode and a collector electrode, or the current between an emitter electrode and a collector electrode.

[0107] the semi-conductor optical switch equipment of this example — setting — semi-conductor luminescence equipment EO1 from — the emitted light — the inside of atmospheric air — spreading — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 Incidence is carried out.

[0108] (The 14th example) Drawing 19 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 14th example. Setting to this drawing, 40 is a half-insulation InP substrate and 41 is an n mold InGaAs buffer layer and 42c. An n mold InGaAs collector contact layer and 42 are n mold InAlAs emitter layers, and an n mold InAlAs collector layer and 43 are [a p mold InGaAs base layer and 44] EO1. Semi-conductor luminescence equipment, OE1, and OE2 It is semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0109] In the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example Like the 12th example, on the half-insulation InP substrate 40 The n mold InGaAs buffer layer 41 and n mold InGaAs collector contact layer 42c, The n mold InAlAs collector layer 42, the p mold InGaAs base layer 43, and the n mold InAlAs emitter layer 44 are grown up continuously. Etch the n mold InAlAs emitter layer 44 alternatively, isolate it, divide the emitter region of each equipment, and collector-electrode C and the emitter electrode E are formed suitably. Any one semi-conductor luminescence equipment EO1 of the 1st example thru/or the 3rd example Any one or more semi-conductor photo-electric-conversion equipments OE1 of the 4th example thru/or the 10th example, and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 It forms.

[0110] It sets to the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example, and is semi-conductor luminescence equipment EO1. By the light to emit, they are semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2. It is switchable by controlling the current between an emitter electrode and a collector electrode, or the current between an emitter electrode and a collector electrode.

[0111] in this case, semi-conductor luminescence equipment EO1 from — the emitted light — a base layer — spreading — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 In order to carry out incidence The reflection loss in the interface of each equipment can be reduced, when pinching the base layer of a band gap which light spreads in the large n mold InAlAs collector layer 42 and the n mold InAlAs emitter layer 44, light is confined in a base layer and optical loss can be reduced further.

[0112] (The 15th example) Drawing 20 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 15th example. Setting to this drawing, 40 is a half-insulation InP substrate and 41 is an n mold InGaAs buffer layer and 42c. An n mold InGaAs collector contact layer and 42 are isolation regions, and an n mold InAlAs collector layer and 43 are [a p mold InGaAs base layer and 44 / an n mold InAlAs emitter layer and 45] EO1. Semi-conductor luminescence equipment, OE1, and OE2 It is semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0113] In the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example Like the 12th example, on the half-insulation InP substrate 40 The n mold InGaAs buffer layer 41 and n mold InGaAs collector contact layer 42c, The n mold InAlAs collector layer 42, the p mold InGaAs base layer 43, and the n mold InAlAs emitter layer 44 are grown up continuously. Etch the n mold InAlAs emitter layer 44 alternatively, and it is isolated. Divide the emitter region of each equipment and form collector-electrode

C and the emitter electrode E suitably, and between each equipment, carry out the ion implantation of the impurity or oxygen of a reverse conductivity type, and an isolation region 45 is formed. Any one semi-conductor luminescence equipment EO1 of the 1st example thru/or the 3rd example Any one or more semi-conductor photo-electric-conversion equipments OE1 of the 4th example thru/or the 10th example Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 It forms.

[0114] It sets to the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example, and is semi-conductor luminescence equipment EO1. By the light to emit, they are semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2. It is switchable by controlling the current between an emitter electrode and a collector electrode, or the current between an emitter electrode and a collector electrode.

[0115] in this case, semi-conductor luminescence equipment EO1 from — the emitted light — a base layer — spreading — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 In order to carry out incidence The reflection loss in the interface of each equipment can be reduced, when pinching the base layer of a band gap which light spreads in the large n mold InAlAs collector layer 42 and the n mold InAlAs emitter layer 44, light is confined in a base layer and optical loss can be reduced further.

[0116] And in the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example, the design degree of freedom on the electrical circuit of each equipment can be enlarged, permitting propagation of light, since each equipment is electrically separated by the isolation region 45.

[0117] (The 16th example) Drawing 21 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 16th example. Setting to this drawing, 40 is a half-insulation InP substrate and 41 is an n mold InGaAs buffer layer and 42c. For an n mold InGaAs collector contact layer and 42, as for a p mold InGaAs base layer and 44, an n mold InAlAs collector layer and 43 are [an n mold InAlAs emitter layer and 45] isolation regions, and HBT is a multi-emitter heterojunction transistor and EO1. Semi-conductor luminescence equipment, OE1, and OE2 It is semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0118] In the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example Like the 12th example, on the half-insulation InP substrate 40 The n mold InGaAs buffer layer 41 and n mold InGaAs collector contact layer 42c, The n mold InAlAs collector layer 42, the p mold InGaAs base layer 43, and the n mold InAlAs emitter layer 44 are grown up continuously. Etch the n mold InAlAs emitter layer 44 alternatively, and it is isolated. Divide the emitter region of each equipment and form collector-electrode C and the emitter electrode E suitably, and between each equipment, carry out the ion implantation of the impurity or oxygen of a reverse conductivity type, and an isolation region 45 is formed. semi-conductor luminescence equipment EO1 indicated by any one of the multi-emitter heterojunction transistor HBT, the 1st example, or the 3rd example Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 indicated by any one or more of the 4th example thru/or the 10th example. Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 It forms.

[0119] Semi-conductor luminescence equipment EO1 driven with the multi-emitter heterojunction transistor HBT in the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example By the light to emit, they are semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2. It is switchable by controlling the current between an emitter electrode and a collector electrode, or the current between an emitter electrode and a collector electrode.

[0120] in this case, semi-conductor luminescence equipment EO1 from — the emitted light — a base layer — spreading — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 In order to carry out incidence The reflection loss in the interface of each equipment can be reduced, when pinching the base layer of a band gap which light spreads in the large n mold InAlAs collector layer 42 and the n mold InAlAs emitter layer 44, light is confined in a base layer and optical loss can be reduced further.

[0121] And in the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example, the design degree of freedom on the electrical circuit of each equipment can be enlarged, permitting propagation of light, since each equipment is electrically separated by the isolation region 45.

[0122] (The 17th example) Drawing 22 is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 17th example. Setting to this drawing, 40 is a half-insulation InP substrate and 41 is an n mold InGaAs buffer layer and 42c. For an n mold InGaAs collector contact layer and 42, as for a p mold InGaAs base layer and 44, an n mold InAlAs collector layer and 43 are [an n mold InAlAs emitter layer and 45] isolation regions, OSW is semi-conductor optical switch equipment, and HBT is a multi-emitter heterojunction transistor and EO1. Semi-conductor luminescence equipment, OE1, and OE2 are semi-conductor photo-electric-conversion equipment.

[0123] In the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example Like the 12th example, on the half-insulation InP substrate 40 The n mold InGaAs buffer layer 41 and n mold InGaAs collector contact layer 42c, The n mold InAlAs collector layer 42, the p mold InGaAs base layer 43, and the n mold InAlAs emitter layer 44 are grown up continuously. Etch the n mold InAlAs emitter layer 44 alternatively, and it is isolated. Divide the emitter region of each equipment and form collector-electrode C and the emitter electrode E suitably, and between each equipment, carry out the ion implantation of the impurity or oxygen of a reverse conductivity type, and an isolation region 45 is formed. The semi-conductor optical switch equipment OSW indicated by the 11th example and the multi-emitter heterojunction transistor HBT Semi-conductor luminescence equipment EO1 indicated by any one of the 1st example thru/or the 3rd example Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 indicated by any one or more of the 4th example thru/or the 10th example Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 It forms.

[0124] Semi-conductor luminescence equipment EO1 driven in the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example with semi-conductor optical switch equipment OSW or the multi-emitter heterojunction transistor HBT By the light to emit, they are semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 and semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2. It is switchable by controlling the current between an emitter electrode and a collector electrode, or the current between an emitter electrode and a collector electrode.

[0125] in this case, semi-conductor luminescence equipment EO1 from — the emitted light — a base layer — spreading — semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE1 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment OE2 In order to carry out incidence The reflection loss in the interface of each equipment can be reduced, when pinching the base layer of a band gap which light spreads in the large n mold InAlAs collector layer 42 and the n mold InAlAs emitter layer 44, light is confined in a base layer and optical loss can be reduced further.

[0126] And in the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of this example, the design degree of freedom on the electrical circuit of each equipment can be enlarged, permitting propagation of light, since each equipment is electrically separated by the isolation region 45.

[0127]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it sets to a bipolar transistor. The superfluous majority carrier in the base generated at the time of an optical exposure by making high impurity concentration of an emitter and the base higher than an effective density of states at the time of optical cutoff It is made to pour into the valence band of the base with the tunnel between bands from the conduction band of an emitter. While being able to decrease a superfluous majority carrier and being able to shorten the response time at the time of optical cutoff by neutralizing a superfluous majority carrier by the minority carrier It is made multi-emitter heterojunction bipolar transistor (ME-HBT) structure. The potential difference can be established between two or more emitters, and neutralization of the minority carrier and superfluous majority carrier which were made to pour into the valence band of the base with the tunnel between bands from the conduction band of this emitter can be further made easy.

[0128] Furthermore, by ME-HBT by which a base region is not pulled out outside, optical semiconductor devices which have a good property, such as semi-conductor luminescence equipment and semi-conductor photo-electric-conversion equipment, are realizable, these optical semiconductor devices can be easily integrated by giving the process that it is common on the same substrate, and high integration of a logical circuit, high integration with active equipment and an optical semiconductor device, etc. are attained.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the principle explanatory view of the ME-HBT mold semi-conductor luminescence equipment of this invention.

[Drawing 2] It is the principle explanatory view of the ME-HBT mold semi-conductor photo-electric-conversion equipment of this invention, and (A) is a sectional view and (B) is an explanatory view of operation.

[Drawing 3] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 1st example.

[Drawing 4] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example.

[Drawing 5] It is the production process explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 2nd example, and (A) - (C) shows each process.

[Drawing 6] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor luminescence equipment of the 3rd example.

[Drawing 7] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 4th example.

[Drawing 8] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 5th example.

[Drawing 9] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 6th example.

[Drawing 10] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 7th example.

[Drawing 11] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 8th example.

[Drawing 12] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 9th example.

[Drawing 13] It is the explanatory view (1) of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 10th example of operation, and (A) - (C) shows the energy band in the condition of differing.

[Drawing 14] It is the explanatory view (2) of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment

of the 10th example of operation, and (D) and (E) show the energy band in the condition of differing.

[Drawing 15] It is the explanatory view of conventional semi-conductor photo-electric-conversion equipment of operation, and (A) - (C) shows the energy band in the condition of differing.

[Drawing 16] It is the explanatory view of the semi-conductor photo-electric-conversion equipment of the 11th example of operation, and (A) - (C) shows the energy band in the condition of differing.

[Drawing 17] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical switch equipment of the 12th example.

[Drawing 18] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical switch equipment of the 13th example.

[Drawing 19] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 14th example.

[Drawing 20] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 15th example.

[Drawing 21] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 16th example.

[Drawing 22] It is the configuration explanatory view of the semi-conductor optical-integrated-circuit equipment of the 17th example.

[Description of Notations]

1 Collector Field

2 Base Region

31 1st Emitter Region

32 2nd Emitter Region

4 Collector Electrode

51 1st Emitter Electrode

52 2nd Emitter Electrode

11 Collector Field

12 Base Region

131 1st Emitter Region

132 2nd Emitter Region

14 Collector Electrode

151 1st Emitter Electrode

152 2nd Emitter Electrode

20 Semi-insulating Substrate

21 Collector Field

21c Collector contact field

22 Base Region

23 Emitter Region

231 1st Emitter Region

232 2nd Emitter Region

23c Emitter contact layer

23c1 The 1st emitter contact field

23c2 The 2nd emitter contact field

24 Collector Electrode

251 1st Emitter Electrode

252 2nd Emitter Electrode

26 Dummy Base Electrode

30 Semi-insulating Substrate

31 Collector Field

311 1st Collector Field

312 2nd Collector Field
 31c Collector contact field
 31c1 The 1st collector contact field
 31c2 The 2nd collector contact field
 32 Base Region
 33 Emitter Region
 331 1st Emitter Region
 332 2nd Emitter Region
 33c1 The 1st emitter contact field
 33c2 The 2nd emitter contact field
 34 Collector Electrode
 341 1st Collector Electrode
 342 2nd Collector Electrode
 351 1st Emitter Electrode
 352 2nd Emitter Electrode
 36 Dummy Base Electrode
 371 1st Emitter Outgoing Line
 372 2nd Emitter Outgoing Line
 38 Multilayer Reflective Film
 39 Isolation Region
 40 Half-Insulation InP Substrate
 41 N Mold InGaAs Buffer Layer
 42 N Mold InAlAs Collector Layer
 42c n mold InGaAs collector contact layer
 43 P Mold InGaAs Base Layer
 44 N Mold InAlAs Emitter Layer
 45 Isolation Region
 B Base region
 C Collector field
 E Emitter region
 E1 The 1st emitter region
 E2 The 2nd emitter region
 EO1 Semi-conductor luminescence equipment
 e Electron
 HBT Multi-emitter heterojunction transistor
 h Electron hole
 OE1, OE2 Semi-conductor photo-electric-conversion equipment
 OSW Semi-conductor optical switch equipment
 VE1 Potential of the 1st emitter region
 VE2 Potential of the 2nd emitter region

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-148715

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

| | | | | |
|----------------------------|------|--------|------------------|--------------------|
| (51) Int. Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 1 L 33/00 | A | | | |
| | E | | | |
| 29/205 | | | | |
| | | | H 0 1 L 29/ 205 | |
| | | | 29/ 72 | |
| | | | 審査請求 未請求 請求項の数17 | OL (全 24 頁) 最終頁に続く |

(21) 出願番号 特願平6-280141

(22) 出願日 平成6年(1994)11月15日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 今村 健一

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 柏谷 昭司 (外1名)

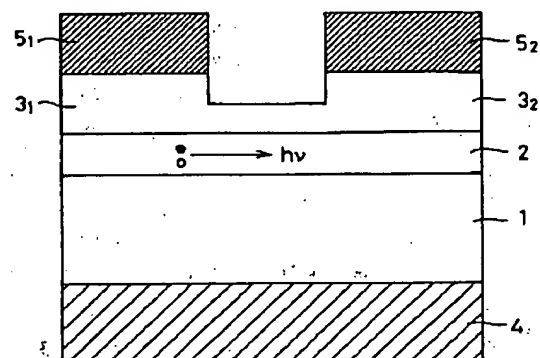
(54) 【発明の名称】 光半導体装置および半導体光集積回路装置

(57) 【要約】

【目的】 光半導体装置および半導体光集積回路装置に関し、マルチエミッタバイポーラトランジスタ構造を有する半導体発光装置、半導体光電変換装置等の光半導体装置および半導体光集積回路装置を提供する。

【構成】 半導体発光装置は、コレクタ領域1と、電極を外部に引き出さないベース領域2と、2つ以上のエミッタ領域3₁、3₂、・・・と、コレクタ電極4と、エミッタ電極5₁、5₂、・・・からなる構造を有し、2つ以上のエミッタ領域に電圧を印加することにより、2つ以上のエミッタ領域とベース領域の接合領域における電子と正孔の再結合により発光させる。半導体光電変換装置は、これと同様の構造を有し、ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射して、2つ以上のエミッタ領域の間に流れる電流を制御する。半導体光集積回路装置は、これらの光半導体装置あるいは半導体増幅装置を同一基板上に形成する。

本発明のME-HBT型半導体発光装置の原理説明図



1 : コレクタ領域
2 : ベース領域
3₁ : 第1エミッタ領域
3₂ : 第2エミッタ領域
4 : コレクタ電極
5₁ : 第1エミッタ電極
5₂ : 第2エミッタ電極

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の間に電圧を印加することにより、該2つ以上のエミッタ領域と該ベース領域の接合領域における電子と正孔の再結合によって発光させることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該コレクタ領域と該2つ以上のエミッタ領域のバンドギャップを該ベース領域のバンドギャップより大きくし、該2つ以上のエミッタ領域の間に電圧を印加することにより、該2つ以上のエミッタ領域と該ベース領域の接合領域における電子と正孔の再結合によって発光させることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項3】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域の間に流れる電流を制御することを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項4】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域のいずれか1個または複数と該コレクタ領域の間に流れる電流を制御することを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項5】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の間のベース領域の上にダミーベース電極を形成したことを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項6】 ダミーベース電極が特定の波長の光を透過する特性を有することを特徴とする請求項5に記載された半導体光電変換装置。

【請求項7】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の少なくとも1つの上に特定の波長の光を透過する特性を有するエミッタ電極を形成したことを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項8】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の少なくとも1つの上にエミッタ電極を有しないことを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項9】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該コレクタ領域が2つ以上の領域に分離されており、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域の間に流れる電流、または、該2つ以上のコレクタ領域の間に流れる電流を制御することを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項10】 コレクタ領域の外側に反射膜を設け、該ベース領域を含む領域にファブリペロー共振器を形成したことを特徴とする請求項3から請求項9までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置。

【請求項11】 コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該エミッタ領域および該ベース領域に有効状態密度以上の不純物をドーピングすることにより、エミッタ領域の伝導帯から電子をベース領域の価電子帯中にトンネルさせて、ベース領域中の過剰多数キャリアの中和を促進することを特徴とする請求項3から請求項10までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置。

【請求項12】 2つ以上のエミッタ領域の間に予め閾値以下の電位差を印加することにより感度を向上することを特徴とする請求項3から請求項11までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置。

【請求項13】 バイポーラトランジスタ構造において、エミッタ領域とベース領域に有効状態密度以上の不純物をドーピングすることにより、エミッタ領域の伝導帯から電子をベース領域の価電子帯にトンネルさせて、光照射によって生成された過剰な多数キャリアの中和を促進するようにしたことを特徴とする半導体光電変換装置。

【請求項14】 請求項1または請求項2に記載された半導体発光装置から放射される光によって請求項3から請求項13までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置を制御することを特徴とする半導体光スイッチ装置。

【請求項15】 請求項1または請求項2に記載された1つ以上の半導体発光装置と、請求項3から請求項13までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置を基板上に配置して、該1つ以上の半導体発光装置が放射する光によって、該1つ以上の半導体光電変換装置を制御することを特徴とする半導体光集積回路装置。

【請求項16】 請求項1または請求項2に記載された半導体発光装置、請求項3から請求項13までのいずれか1項に記載された半導体光電変換装置のいずれか1つ以上と、半導体増幅装置を同一基板上に形成したことを特徴とする半導体光集積回路装置。

【請求項17】 半導体発光装置と半導体光電変換装置の間にイオン注入によって不活性化した領域を形成する

ことにより、半導体発光装置と半導体光電変換装置との電流を遮断し、光を透過させることを特徴とする請求項15または請求項16に記載された半導体光集積回路装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体発光装置、半導体光電変換装置、およびそれらを用いた半導体光スイッチ装置、半導体光集積回路装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近時、半導体集積回路装置を高密度化、高速化することが要望されており、特に現在多く使用されているシリコン(Si)のMOSFETを用いた集積回路装置の特性を超える集積回路装置の出現が期待されている。その期待に応えるものの一つとして、最近、ホトエレクトロントランジスタ(HET)において、エミッタを複数個設けたマルチエミッタ(ME)構造を有するものが開発されている。

【0003】さらに、HETと同じ縦型の半導体装置としてバイポーラトランジスタ(BT)およびヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)において、エミッタのn型不純物濃度を電子の有効状態密度($\sim 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)より充分高い $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、ベースのp型不純物濃度を正孔の有効状態密度($\sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)より充分高い $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ としたME-HBTでは、ベース抵抗を低減することが可能になり、従来不可能であったマルチエミッタ型の集積回路装置を室温で実現でき、かつ、高性能化することが可能になった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、マルチエミッタヘテロ接合バイポーラトランジスタ(ME-HBT)構造を有する半導体発光装置、半導体光電変換装置等の光半導体装置、特にそれらを組み合わせた半導体光集積回路装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明にかかる半導体発光装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の間に電圧を印加することにより、該2つ以上のエミッタ領域と該ベース領域の接合領域における電子と正孔の再結合によって発光させる構成を採用した。

【0006】また、この場合、該コレクタ領域と該2つ以上のエミッタ領域のバンドギャップを該ベース領域のバンドギャップより大きくし、該2つ以上のエミッタ領域の間に電圧を印加することにより、該2つ以上のエミッタ領域と該ベース領域の接合領域における電子と正孔の再結合によって発光させることができる。

【0007】また、本発明にかかる半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さない

いベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域の間に流れる電流を制御する構成を採用した。

【0008】また、本発明にかかる他の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域のいずれか一方または両者と該コレクタ領域の間に流れる電流を制御する構成を採用した。

【0009】また、本発明にかかる他の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の間のベース領域の上にダミーベース電極を形成した構成を採用した。この場合、ダミーベース電極に特定の波長の光を透過する特性をもたせることができる。

【0010】また、本発明にかかる他の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の少なくとも1つの上に特定の波長の光を透過する特性を有するエミッタ電極を形成した構成を採用した。

【0011】また、本発明にかかる他の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該2つ以上のエミッタ領域の少なくとも1つの上にエミッタ電極を有しない構成を採用した。

【0012】また、本発明にかかる他の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該コレクタ領域が2つ以上の領域に分離されており、該ベース領域の禁制帯のエネルギーギャップ以上のエネルギーをもつ光を照射することにより、該2つ以上のエミッタ領域の間に流れる電流、または、該2つ以上のコレクタ領域の間に流れる電流を制御する構成を採用した。

【0013】これらの半導体光電変換装置において、コレクタ領域の外側に反射膜を設け、該ベース領域を含む領域にファブリペロー共振器を形成することができる。

【0014】また、これらの半導体光電変換装置において、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、該エミッタ領域および該ベース

領域に有効状態密度以上の不純物をドーブすることにより、エミッタ領域の伝導帯から電子をベース領域の価電子帯中にトンネルさせて、ベース領域中の過剰多数キャリアの中和を促進することができる。

【0015】この場合、通常のバイポーラトランジスタ構造においても、エミッタ領域とベース領域に有効状態密度以上の不純物をドーブすることにより、エミッタ領域の伝導帯から電子をベース領域の価電子帯にトンネルさせて、光照射によって生成された過剰な多数キャリアの中和を促進することができる。

【0016】また、これらの半導体光電変換装置において、2つ以上のエミッタ領域の間に予め閾値以下の電位差を印加することにより感度を向上することができる。

【0017】また、本発明にかかる半導体光スイッチ装置においては、前記いずれかの半導体発光装置から放射される光によって前記いずれかの半導体光電変換装置を制御する構成を採用した。

【0018】また、本発明にかかる半導体光集積回路装置においては、前記の1つ以上の半導体発光装置と半導体光電変換装置を基板上に配置して、該1つ以上の半導体発光装置が放射する光によって、該1つ以上の半導体光電変換装置を制御する構成を採用した。

【0019】また、本発明にかかる他の半導体光集積回路装置においては、前記いずれかの半導体発光装置、半導体光電変換装置のいずれか1つ以上と、半導体増幅装置を同一基板上に形成した構成を採用した。

【0020】これらの場合、半導体発光装置と半導体光電変換装置の間にイオン注入によって不活性化した領域を形成することにより、半導体発光装置と半導体光電変換装置の間の電流を遮断し、光を透過させるようにすることができる。

【0021】

【作用】図1は、本発明のME-HBT型半導体発光装置の原理説明図である。この図において、1はコレクタ領域、2はベース領域、3₁は第1エミッタ領域、3₂は第2エミッタ領域、4はコレクタ電極、5₁は第1エミッタ電極、5₂は第2エミッタ電極である。

【0022】本発明の基本となるME-HBT型半導体発光装置においては、図1に示されているように、第1導電型のコレクタ領域1の上に第2導電型のベース領域2が形成され、このベース領域2の上に高不純物濃度の第1導電型の第1エミッタ領域3₁と第2エミッタ領域3₂が形成され、コレクタ領域1にはコレクタ電極4が形成され、第1エミッタ領域3₁には第1エミッタ電極5₁を形成し、第2エミッタ領域3₂には第2エミッタ電極5₂が形成されている。

【0023】なお、ベース領域2は外部に引き出されていない。また、第1エミッタ領域3₁と第2エミッタ領域3₂の間のベース領域2の上には第1エミッタ領域3₁と第2エミッタ領域3₂を構成する半導体領域が僅か

残され、製造工程においてベース領域2が損傷を受けるのを防ぎ、また、製造後外気の影響によってベース領域2の表面状態が劣化したり、表面に出たp-n接合により再結合が増殖され、素子特性が劣化するのを防いでいる。

【0024】この構造のME-HBT型半導体発光装置の第1エミッタ電極5₁と第2エミッタ電極5₂の間に電圧を印加して、電子と正孔を注入し、注入された電子と正孔をエミッタ領域とベース領域の間の接合領域で再結合させることによって光h ν を放出させることができる。

【0025】図2は、本発明のME-HBT型半導体光電変換装置の原理説明図であり、(A)は断面図、

(B)は動作説明図である。この図において、11はコレクタ領域、12はベース領域、13₁は第1エミッタ領域、13₂は第2エミッタ領域、14はコレクタ電極、15₁は第1エミッタ電極、15₂は第2エミッタ電極である。

【0026】本発明の基本となるME-HBT型半導体光電変換装置においては、図2(A)に示されているように、第1導電型のコレクタ領域11の上に第2導電型のベース領域12が形成され、このベース領域12の上に高不純物濃度の第1導電型の第1エミッタ領域13₁と第2エミッタ領域13₂が形成され、コレクタ領域11にはコレクタ電極14が形成され、第1エミッタ領域13₁には第1エミッタ電極15₁が形成され、第2エミッタ領域13₂には第2エミッタ電極15₂が形成されている。

【0027】なお、図1の半導体発光装置と同様に、ベース領域12は外部に引き出されていない。また、第1エミッタ領域13₁と第2エミッタ領域13₂の間のベース領域12の上には第1エミッタ領域13₁と第2エミッタ領域13₂を構成する半導体領域が僅か残され、製造工程によってベース領域12が損傷を受けるのを防ぎ、また、製造後外気の影響によってベース領域12の表面状態が劣化するのを防いでいる。また、ベース領域12の表面に残される第1エミッタ領域13₁と第2エミッタ領域13₂を構成する半導体をバンドギャップが大きい材料で形成すると、ベース領域12における電子と正孔の再結合を低減することができる。

【0028】この構造のME-HBT型半導体光電変換装置に光h ν を照射しない場合のエネルギーバンド構造は図2(B)の実線で示されるように、ベース領域12の伝導帯の底と価電子帯の頂上が、第1エミッタ電極15₁と第2エミッタ電極15₂の伝導帯の底と価電子帯の頂上よりも高くなっている。

【0029】このME-HBT型半導体光電変換装置に、ベース領域12のバンドギャップエネルギーE_gを超えるエネルギーをもつ光を入射すると、ベース領域12に電子・正孔対が生成され、電子は伝導帯に、正孔は価

電子帯に分離される。

【0030】第1エミッタ電極15₁と第2エミッタ電極15₂の間に、光を照射しない状態で第1エミッタ電極15₁と第2エミッタ電極15₂の間に電流が流れない程度の電圧を印加した場合、ベース領域12の価電子帯の頂上が、第1エミッタ領域13₁と第2エミッタ領域13₂の価電子帯より高くなっているため、光の照射によって発生した正孔がベース領域12に蓄積されて、図2(B)に破線で示されているように、ベース領域12の伝導帯の底と価電子帯の頂上が下がる。

【0031】そのため、第1エミッタ領域(E₁)13₁とベース領域(B)12の間の障壁が低下して第1エミッタ電極15₁と第2エミッタ電極15₂の間に電流が流れる。この電流の変化によって光hνの有無、強弱を検出することができる。

【0032】本発明の特徴の一つは、ベース領域中に生じた過剰の正孔を、第2エミッタ領域13₂の電子をバンド間トンネルによってベース領域12に移動する電子と再結合させて光hνを遮断したときのコレクタ電流の降下を急峻にして高速動作させることである。上記の目的は、基本的には、第2エミッタ領域13₂の不純物濃度を高くして、pn接合の空乏層幅を狭くすることによって、バンド間のトンネルを促進することによって達成される。

【0033】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

(第1実施例)図3は、第1実施例の半導体発光装置の構成説明図である。この図において、21はコレクタ領域、22はベース領域、23₁は第1エミッタ領域、23₂は第2エミッタ領域、24はコレクタ電極、25₁は第1エミッタ電極、25₂は第2エミッタ電極である。

【0034】この実施例の半導体発光装置においては、n型InGaAs(厚さ300nm、 $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$)からなるコレクタ領域21の上に、p型InGaAs(厚さ80nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)からなるベース領域22を形成し、その上にn型InAlGaAs(厚さ200nm、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)からなる第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂を形成し、コレクタ領域21にCr/Au(厚さ20/300nm)からなるコレクタ電極24を形成し、第1エミッタ領域23₁の上にCr/Au(厚さ20/300nm)からなる第1エミッタ電極25₁を形成し、第2エミッタ領域23₂の上に同様にCr/Au(厚さ20/300nm)からなる第2エミッタ電極25₂を形成している。

【0035】なお、ベース領域22は外部に引き出されず、第1エミッタ領域23₁と第2エミッタ領域23₂の間のベース領域22の上には第1エミッタ領域23₁と第2エミッタ領域23₂を構成する半導体領域が僅か

残されているが、その結果、製造工程においてベース領域22が損傷を受けるのを防ぎ、また、製造後外気の影響によってベース領域22の表面状態が劣化するのを防いでいる。

【0036】この実施例の半導体発光装置の第1エミッタ電極25₁と第2エミッタ電極25₂の間に電圧を印加して電子と正孔を注入し、この電子と正孔を第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂とベース領域22の間の接合領域で再結合させることによって光hνを放出させることができる。

【0037】第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂の不純物濃度を、通常のHBTの5倍程度に高くすると、動作電圧を下げることができ、第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂とベース領域の間の接合領域における電子と正孔の再結合を促進し、レーザ発振を起こすことが可能になる。

【0038】(第2実施例)図4は、第2実施例の半導体発光装置の構成説明図である。この図において、21はコレクタ領域、21_cコレクタコンタクト領域、22はベース領域、23はエミッタ領域、23_{c1}は第1エミッタコンタクト領域、23_{c2}は第2エミッタコンタクト領域、24はコレクタ電極、25₁は第1エミッタ電極、25₂は第2エミッタ電極である。

【0039】この実施例の半導体発光装置においては、n型InGaAs(厚さ300nm、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)からなるコレクタコンタクト領域21_cの上に、n型InAlAs(厚さ300nm、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)からなるコレクタ領域21を形成し、その上にp型InGaAs(厚さ70nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)からなるベース領域22を形成し、その上にn型InAlAs(厚さ200nm、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)からなるエミッタ領域23を形成し、その上にn型InGaAs(厚さ200nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)からなる第1エミッタコンタクト領域23_{c1}と第2エミッタコンタクト領域23_{c2}を形成し、コレクタコンタクト領域21_cにCr/Au(厚さ20/300nm)からなるコレクタ電極24を形成し、第1エミッタコンタクト領域23_{c1}に第1エミッタ電極25₁を形成し、第2エミッタコンタクト領域23_{c2}に第2エミッタ電極25₂を形成している。

【0040】この、コレクタ領域21、ベース領域22、エミッタ領域23、第1エミッタコンタクト領域23_{c1}、第2エミッタコンタクト領域23_{c2}はMBE法またはMOCVD法によって成長し、コレクタメサおよび第1エミッタコンタクト領域23_{c1}と第2エミッタコンタクト領域23_{c2}を分離するエミッタメサは、リン酸系のエッチング液を用いたエッチングによって行う。

【0041】図5は、第2実施例の半導体発光装置の製造工程説明図であり、(A)～(C)は各工程を示している。この図において、20は半絶縁性基板、21はコ

レクタ領域、21_cはコレクタコンタクト層、22はベース領域、23はエミッタ領域、23_cはエミッタコンタクト層、23_{c1}は第1エミッタコンタクト領域、23_{c2}は第2エミッタコンタクト領域、24はコレクタ電極、25₁は第1エミッタ電極、25₂は第2エミッタ電極である。

【0042】この工程説明図によって第2実施例の半導体発光装置の製造方法を説明するが、図4に示した第2実施例の半導体発光装置の構成とは、半絶縁性基板を用いる点とコレクタ電極を形成する構造が異なっている。

【0043】第1工程（図5（A）参照）

InPからなる半絶縁性基板20の上に、MBE法によって、n型InGaAsからなるコレクタコンタクト層21_c、n型InAlAsからなるコレクタ領域21、p型InGaAsからなるベース領域22、n型InAlAsからなるエミッタ領域23、n型InGaAsからなるエミッタコンタクト層23_cを成長する。

【0044】第2工程（図5（B）参照）

エミッタコンタクト層23_cの上に開口を有するレジスト膜を形成し、これをマスクにし、リン酸系のエッチング液を用いてエミッタコンタクト層23_cを選択的にエッチングして、第1エミッタコンタクト領域23_{c1}と第2エミッタコンタクト領域23_{c2}からなるエミッタメサを形成する。

【0045】第3工程（図5（C）参照）

半導体発光装置を形成しようとする領域にレジスト膜を形成し、このレジスト膜をマスクにし、リン酸系のエッチング液を用いてエミッタコンタクト層23_c、エミッタ領域23、ベース領域22、コレクタ領域21を選択的にエッチングしてコレクタメサを形成する。

【0046】露出したコレクタコンタクト層21_cにCr/Auからなるコレクタ電極24を形成し、第1エミッタコンタクト領域23_{c1}の上に第1エミッタ電極25₁を形成し、第2エミッタコンタクト領域23_{c2}の上に第2エミッタ電極25₂を形成する。

【0047】この場合、p型InGaAsからなるベース領域22の上に、ベース領域22のバンドギャップより大きいn型InAlAsからなるエミッタ領域23を残しておく、発生した光をベース領域22中に閉じ込め、このベース領域22を伝播する光の損失を低減することができる。このように、第1エミッタコンタクト領域23_{c1}と第2エミッタコンタクト領域23_{c2}の間のベース領域22の上のほぼ全面にエミッタメサを有する構造はME-HBT製造工程を用いることによって実現することができる。

【0048】この構成の半導体発光装置の第1エミッタ電極25₁と第2エミッタ電極25₂の間に電圧を印加することにより電子と正孔を注入し、この電子と正孔をエミッタ領域23とベース領域22の接合領域で再結合させることによって発光させることができる。

【0049】この半導体発光装置と同じ工程によって同じ基板上に形成し、この半導体発光装置と同様の構造を有するHBTにおいて、コレクタ領域21をワイドギャップ材料で形成すると、コレクタ領域21でのインパクトイオン化によるコレクタ電流の持ち上がりの影響を抑えることができ、また、エミッタ領域23とコレクタ領域21のバンドギャップをベース領域22より広くすることにより、ベース領域22中で発生する光を2次元的に閉じ込め、ベース領域22中での伝送損失を低減することができる。

【0050】（第3実施例）図6は、第3実施例の半導体発光装置の構成説明図である。この図において、21はコレクタ領域、22はベース領域、23₁は第1エミッタ領域、23₂は第2エミッタ領域、24はコレクタ電極、25₁は第1エミッタ電極、25₂は第2エミッタ電極、26はダミーベース電極である。

【0051】この実施例の半導体発光装置においては、図3に示した半導体発光装置と同様に、コレクタ領域21の上に、ベース領域22を形成し、その上に第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂を形成し、コレクタ領域21にコレクタ電極24を形成し、第1エミッタ領域23₁に第1エミッタ電極25₁を形成し、第2エミッタ領域23₂に第2エミッタ電極25₂を形成し、第1エミッタ領域23₁と第2エミッタ領域23₂の間のベース領域22の上にダミーベース電極26を形成している。

【0052】この半導体発光装置の第1エミッタ電極25₁と第2エミッタ電極25₂の間に電圧を印加して電子と正孔を注入し、この電子と正孔を第1エミッタ領域23₁、第2エミッタ領域23₂とベース領域22の接合領域で再結合させることによって光hνを放出させることができるが、遮光性のダミーベース電極26を設けると、この発光機構が外来光hν₁によって影響を受けることがなくなる。

【0053】なお、この実施例の半導体発光装置において、ダミーベース電極26、第1エミッタ電極25₁、第2エミッタ電極25₂の1つ以上を、少なくとも特定の波長の光を透過する性質を有する材料で形成すると、その領域を通して発生した光hνを放出させることができる。

【0054】（第4実施例）図7は、第4実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、31はコレクタ領域、32はベース領域、33₁は第1エミッタ領域、33₂は第2エミッタ領域、34はコレクタ電極、35₁は第1エミッタ電極、35₂は第2エミッタ電極である。

【0055】この実施例の半導体光電変換装置においては、図3に示した半導体発光装置と同様に、n型InGaAs（厚さ300nm、 $3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ）からなるコレクタ領域31の上に、p型InGaAs（厚さ80

nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) からなるベース領域 32 を形成し、その上に n 型 InAlGaAs (厚さ 200 nm、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) からなる第 1 エミッタ領域 33₁、第 2 エミッタ領域 33₂ を形成し、コレクタ領域 31 に Cr/Au (厚さ 20/300 nm) からなるコレクタ電極 34 を形成し、第 1 エミッタ領域 33₁ の上に Cr/Au (厚さ 20/300 nm) からなる第 1 エミッタ電極 35₁ を形成し、第 2 エミッタ領域 33₂ の上に同様に Cr/Au (厚さ 20/300 nm) からなる第 2 エミッタ電極 35₂ を形成している。

【0056】なお、ベース領域 32 は外部に引き出されておらず、第 1 エミッタ領域 33₁ と第 2 エミッタ領域 33₂ の間のベース領域 32 の上には第 1 エミッタ領域 33₁ と第 2 エミッタ領域 33₂ を構成する半導体領域が僅か残され、製造工程によってベース領域 32 が損傷を受けるのを防ぎ、また、製造後外気の影響によってベース領域 32 の表面状態が劣化するのを防いでいる。

【0057】この半導体光電変換装置に、ベース領域 32 のバンドギャップエネルギー E_g を超える波長の光 $h\nu$ を入射すると、ベース領域 32 に電子・正孔対が生成され、電子は伝導帯に、正孔は価電子帯に分離され、正孔がベース領域 32 に滞留するために伝導帯の底、価電子帯の頂上が下がり、第 1 エミッタ領域 33₁ とベース領域 32 の間の障壁が低下して第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に電流が流れるため、この電流によって光の有無、強弱を検出することができる。

【0058】この場合には、第 1 エミッタ領域 33₁ と第 2 エミッタ領域 33₂ に対してコレクタ領域 31 の電位を低くしておき、コレクタ領域 31 の側に電子が移動しないようにすることができる。この際、光 $h\nu$ の照射によってコレクタ領域 31 に発生した電子・正孔対の正孔もベース領域 32 に流入して、第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に流れる電流に寄与する。

【0059】この実施例の半導体光電変換装置の第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に予め閾値以下の電位を印加しておくと、光 $h\nu$ の照射による出力電流の立ち上がりを改善することができる。また、この実施例の半導体光電変換装置において、第 1 エミッタ領域 33₁ と第 2 エミッタ領域 33₂ からコレクタ領域 31 の側に順方向の電位を印加して、コレクタ領域 31 に電子が到達できるようにし、光 $h\nu$ を照射しない状態で、エミッタ電流が流れず、したがってコレクタ電流 I_c が流れないようにしておき、光 $h\nu$ を照射したとき、エミッタ電流 (ベース電流) が流れ、コレクタ電流 I_c も流れるようにすると、半導体光電変換装置が HBT として動作し、その電流利得の分だけ出力が増幅され、光の検出精度を著しく向上することができる。

【0060】また、上記の実施例においては、第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に流れる

電流の変化によって光の有無、強弱を検出したが、これに代えて、第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ のいずれか一方または両者と、コレクタ電極 34 の間に流れる電流の変化によって光の有無、強弱を検出することもできる。

【0061】(第 5 実施例) 図 8 は、第 5 実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、31 はコレクタ領域、32 はベース領域、33₁ は第 1 エミッタ領域、33₂ は第 2 エミッタ領域、34 はコレクタ電極、35₁ は第 1 エミッタ電極、35₂ は第 2 エミッタ電極、36 はダミーベース電極である。

【0062】この実施例の半導体光電変換装置においては、図 7 に示した半導体光電変換装置と同様に、コレクタ領域 31 の上にベース領域 32 を形成し、その上に第 1 エミッタ領域 33₁、第 2 エミッタ領域 33₂ を形成し、コレクタ領域 31 にコレクタ電極 34 を形成し、第 1 エミッタ領域 33₁ の上に第 1 エミッタ電極 35₁ を形成し、第 2 エミッタ領域 33₂ の上に第 2 エミッタ電極 35₂ を形成し、第 1 エミッタ領域 33₁ と第 2 エミッタ領域 33₂ の間のベース領域 32 の上にダミーベース電極 36 を形成している。

【0063】この実施例の半導体光電変換装置の第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に電圧を印加した状態で、ベース領域 32 に沿ってベース領域 32 のバンドギャップエネルギーを超える波長の光 $h\nu$ を入射すると、ベース領域 32 に電子・正孔対が生成され、電子は伝導帯に、正孔は価電子帯に分離され、第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間に電流が流れるため入射した光の有無、強弱を検出することができるが、遮光性のダミーベース電極 36 を設けているため、第 1 エミッタ電極 35₁ と第 2 エミッタ電極 35₂ の間から入射する外来光 $h\nu_1$ によって、信号光である光 $h\nu$ の検出が妨害されるのを防いで安定な動作を期待することができる。

【0064】また、このダミーベース電極を導電性の被膜で形成し、このダミーベース電極を通して閾値に近い電流を流しておくと、光の照射に速やかに応答する半導体光電変換装置を得ることができる。そして、また、この半導体光電変換装置と同じ工程で形成し、これと同様の構造を有する半導体増幅装置の動作が外来光によって妨害されるのを防ぐことができる。

【0065】この実施例のダミーベース電極 36 は、集積化する他の装置のベース電極を形成する工程において形成したため、ダミーベース電極と呼んだが、この実施例においては、外来光 $h\nu_1$ を遮断する性質を有する被膜であれば足り、ダミーベース電極 36 を任意の遮光膜で構成することもできる。

【0066】また、この実施例の半導体光電変換装置を、後述の構成を採用することによって二次元的に配列し、選択的に特定の半導体光電変換装置のベース領域 3

2の上に遮光性のダミーベース電極36を設けることによって、光の照射によって動作させることができるマスクROMを構成することができる。このようなマスクROMを複数個並列接続し、個々のマスクROMに選択的に光を照射することによって、適宜マスクROMを切り換えて特定のマスクROM固有の情報を読み出すことができる。

【0067】(第6実施例)図9は、第6実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、31はコレクタ領域、32はベース領域、33₁は第1エミッタ領域、33₂は第2エミッタ領域、34はコレクタ電極、35₁は第1エミッタ電極、35₂は第2エミッタ電極、36はダミーベース電極である。

【0068】この実施例の半導体光電変換装置においては、図7に示した半導体光電変換装置と同様に、コレクタ領域31の上にベース領域32を形成し、その上に第1エミッタ領域33₁、第2エミッタ領域33₂を形成し、コレクタ領域31にコレクタ電極34を形成し、第1エミッタ領域33₁の上に第1エミッタ電極35₁を形成し、第2エミッタ領域33₂の上に第2エミッタ電極35₂を形成し、第1エミッタ領域33₁と第2エミッタ領域33₂の間のベース領域32の上に特定の波長の光を透過させるフィルタ性質を有するダミーベース電極36を形成している。

【0069】この実施例の半導体光電変換装置の第1エミッタ電極35₁と第2エミッタ電極35₂の間に電圧を印加した状態で、ダミーベース電極36を透過する特定の波長の光を照射するときのみ、第1エミッタ電極35₁と第2エミッタ電極35₂の間の電流またはコレクタI_c電流を変調することができる。

【0070】また、この実施例の半導体光電変換装置を多数個二次元的に配列し、選択的に半導体光電変換装置のベース領域32の上に特定の波長の光を透過させるフィルタ特性を有するダミーベース電極36を設けることによって、特定の波長の光の照射によって活性化することができるマスクROMを構成することができる。このマスクROMに、ダミーベース電極36を透過する波長の光と、この波長とは異なる波長の光を選択的に照射することによって、1つのマスクROMによって異なる情報を切り換えて読み出すことができる。この実施例のダミーベース電極36として、特定の波長の光を透過させる性質を有する半導体多層薄膜や誘電体多層薄膜等を用いることもできる。

【0071】(第7実施例)図10は、第7実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、31はコレクタ領域、31_cはコレクタコンタクト領域、32はベース領域、33はエミッタ領域、33_{c1}は第1エミッタコンタクト領域、33_{c2}は第2エミッタコンタクト領域、34はコレクタ電極、35₁は第1エミッタ電極、35₂は第2エミッタ電極、36はダミーベ

ース電極である。

【0072】この実施例の半導体発光装置においては、n型InGaAs(厚さ300nm、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)からなるコレクタコンタクト領域31_cの上に、n型InAlAs(厚さ300nm、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)からなるコレクタ領域31を形成し、その上にp型InGaAs(厚さ70nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)からなるベース領域32を形成し、その上にn型InAlAs(厚さ200nm、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)からなるエミッタ領域33を形成し、その上にn型InGaAs(厚さ200nm、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)からなる第1エミッタコンタクト領域33_{c1}と第2エミッタコンタクト領域33_{c2}を形成し、コレクタコンタクト領域31_cにCr/Au(厚さ20/300nm)からなるコレクタ電極34を形成し、第1エミッタコンタクト領域33_{c1}に第1エミッタ電極35₁を形成し、第2エミッタコンタクト領域33_{c2}に第2エミッタ電極35₂を形成している。

【0073】この実施例の半導体光電変換装置においては、第1エミッタ電極35₁、第2エミッタ電極35₂を特定の波長の光を透過する性質を有する材料で形成したため、第1エミッタ電極35₁、第2エミッタ電極35₂を通して光 $h\nu$ を照射することができる。特定の波長の光を透過する性質を有する材料として、InSnO系や $\text{N} \cdot \text{g} \cdot \text{In}_2 \cdot \text{O}_4$ 等のスピネル系結晶を用いることができる。特に、後者は、近赤外から可視光にかけて広い帯域の光を透過し、かつ伝導率として 10^4 S/cm 程度の良好な電気伝導性を示すため、この実施例の透明電極として充分使用可能である。

【0074】(第8実施例)図11は、第8実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、33はエミッタ領域、33_{c1}は第1エミッタコンタクト領域、33_{c2}は第2エミッタコンタクト領域、37₁は第1エミッタ引き出し線、37₂は第2エミッタ引き出し線である。

【0075】この実施例の半導体光電変換装置においては、エミッタ領域33の上の、第1エミッタコンタクト領域33_{c1}と第2エミッタコンタクト領域33_{c2}の上には電極が形成されず、第1エミッタコンタクト領域33_{c1}の端部に第1エミッタ引き出し線37₁が接続され、第2エミッタコンタクト領域33_{c2}の端部に第2エミッタ引き出し線37₂が接続されている。

【0076】この実施例の半導体光電変換装置においては、第1エミッタコンタクト領域33_{c1}と第2エミッタコンタクト領域33_{c2}、エミッタ領域33を通して、ベース領域に直接光 $h\nu$ を照射することができるため、光 $h\nu$ をベース層に有効に入射することができる。この場合には、第1エミッタコンタクト領域33_{c1}と第2エミッタコンタクト領域33_{c2}の不純物濃度を充分高くしてその抵抗を低減する必要がある。

【0077】（第9実施例）図12は、第9実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。この図において、31はコレクタ領域、32はベース領域、33₁は第1エミッタ領域、33₂は第2エミッタ領域、34はコレクタ電極、35₁は第1エミッタ電極、35₂は第2エミッタ電極、38は多層反射膜である。

【0078】この実施例の半導体光電変換装置においては、コレクタ領域31の上にベース領域32を形成し、その上に第1エミッタ領域33₁、第2エミッタ領域33₂を形成し、コレクタ領域31に、各層が入射光 $h\nu$ の $1/4$ 波長の厚さを有するInAlAs層/InGaAlAsを8周期堆積して、その波長の光に対する多層反射膜38を形成してベース領域32を含む領域にフアブリペロ共振器を形成し、その外側にコレクタ電極34を形成し、第1エミッタ領域33₁に第1エミッタ電極35₁を形成し、第2エミッタ領域33₂の上に第2エミッタ電極35₂を形成している。

【0079】この半導体光電変換装置に、ベース領域32のバンドギャップエネルギー E_g を超える波長の光 $h\nu$ を入射し、フアブリペロ共振器を適当に設計して、入射光 $h\nu$ の定在波の腹をベース領域32またはコレクタ領域31に一致させることによって光電変換効率を向上することができる。

【0080】（第10実施例）図13、図14は、第10実施例の半導体光電変換装置の動作説明図であり、

(A)～(E)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。この図において、E₁は第1エミッタ領域、E₂は第2エミッタ領域、Bはベース領域、Cはコレクタ領域、eは電子、hは正孔、 V_{E1} は第1エミッタ領域の電位、 V_{E2} は第2エミッタ領域の電位である。

【0081】これらの図は、この実施例の半導体光電変換装置の第1エミッタ領域E₁と第2エミッタ領域E₂に異なる電位を与え、光 $h\nu$ を照射しないときと、照射したときのエネルギーバンドと電子、正孔の振る舞いを立体的に示している。

【0082】第1の状態 ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ $h\nu$ なし) (図13 (A) 参照)

第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} と第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} をともに正にし、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} を第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} より高くし、光 $h\nu$ を照射しない場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに電子e・正孔hが生じないためコレクタ電流 I_c は流れない。

【0083】第2の状態 ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ $h\nu$ あり) (図13 (B) 参照)

第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} と第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} をともに正にし、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} を第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} より高くし、光を照射した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射によってベース領域Bに電子e

・正孔hが生成され、生成された正孔は、ベース領域Bの価電子帯が凸状になっているためベース領域Bに蓄積され、電子eは導電帯のポテンシャルの勾配にしたがってコレクタ領域Cに移動し、コレクタ電流 I_c が流れる。

【0084】第3の状態 ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ $h\nu$ 継続) (図13 (C) 参照)

第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} と第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} をともに正にし、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} を第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} より高くし、光を照射し続けた場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射によってベース領域Bに生成された電子eが導電帯のポテンシャルの勾配にしたがってコレクタ領域Cに移動するとともに、光の照射によって発生した正孔がベース領域Bの価電子帯に蓄積されてベース領域Bのポテンシャルを下げるため、第1エミッタ領域E₁からベース領域Bに注入された電子eがコレクタ領域Cに移動し、コレクタ電流 I_c が流る。

【0085】第4の状態 ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ $h\nu$ 遮断) (図14 (D) 参照)

第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} と第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} をともに正にし、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} を第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} より高くし、光の照射を遮断した場合のエネルギーバンドを示している。

【0086】この状態では、光の照射を遮断しているが、それ以前に光の照射によって発生した正孔がベース領域Bの価電子帯に蓄積され、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} が高いため、ベース領域Bの価電子帯の正孔と、第2エミッタ領域E₂の導電帯の電子のエネルギーレベルが異なるため第2エミッタ領域E₂の導電帯の電子eがベース領域Bにバンド間トンネルせず、ベース領域Bの価電子帯に正孔hが滞留するため、ベース領域Bのポテンシャルが下がったままであり、第1エミッタ領域E₁に注入された電子eがベース領域Bを通してコレクタ領域Cに移動し、コレクタ I_c 電流が流れ続ける。

【0087】第5の状態 ($0 < V_{E1} < V_{E2}$ $h\nu$ 遮断) (図14 (E) 参照)

第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} と第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} をともに正にし、第2エミッタ領域E₂の電位 V_{E2} を第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} より高くし、第1エミッタ領域E₁の電位 V_{E1} に近く、第2エミッタ領域E₂の導電帯とベース領域Bの価電子帯が一致する電位に設定し、光の照射を遮断した場合のエネルギーバンドを示している。

【0088】この状態では、光の照射を遮断しているため電子・正孔対の発生はなく、第2エミッタ領域E₂の導電帯中の電子とベース領域Bの価電子帯中の正孔のエネルギーレベルが一致するため、第2エミッタ領域E₂の伝導帯中の電子がベース領域Bの価電子帯にバンド間

トンネルしてベース領域Bの価電子帯に滞留していた正孔と中和するため、ベース領域Bのポテンシャルが上昇し、第1エミッタ領域E₁から注入される電子eのコレクタ領域Cへの移動が妨げられ、コレクタI_c電流が流れなくなる。

【0089】この第5の状態を実現するのが、コレクタ領域と、電極を外部に引き出さないベース領域と、2つ以上のエミッタ領域からなるバイポーラトランジスタ構造を有し、エミッタ領域およびベース領域に有効状態密度以上の不純物をドーピングして、エミッタ領域の伝導帯から電子をベース領域の価電子帯中にトンネルさせて、ベース領域中の過剰多数キャリアとの中和を促進して、ターンオフタイムを短くすることができる、この実施例の半導体光電変換装置である。

【0090】(第11実施例)第10実施例においては、2つのエミッタを有するME-HBTにおいて、通常の光電変換装置として用いない方のエミッタの電位を調節して、エミッタ領域Eの伝導帯の電子がベース領域Bの価電子帯にバンド間トンネルできる最適条件を実現してスイッチング時間を短縮し、かつ、他のME-HBT構造を有する電子装置との整合性を改善する例について説明したが、エミッタを1つ有するバイポーラトランジスタ(HBT)構造を有する半導体光電変換装置においても、エミッタ領域Eとベース領域Bに有効状態密度以上の不純物をドーピングすることによって同様の効果を得ることができる。

【0091】図15は、従来の半導体光電変換装置の動作説明図であり、(A)～(C)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。この図において、Eはエミッタ領域、Bはベース領域、Cはコレクタ領域、eは電子、hは正孔である。

【0092】この図は、第11実施例の前提となる、従来から知られている通常のバイポーラトランジスタ構造を有する半導体光電変換装置に光hνを照射しないときと、照射したときと、照射を遮断したときのエネルギーバンドと電子、正孔の振る舞いを立体的に示している。

【0093】第1の状態(hνなし)(図15(A)参照)

エミッタ領域Eに負、コレクタ領域Cに正の電位を与え、ベース領域Bに光hνを照射しない場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに電子e・正孔hが形成されず、エミッタ領域Eとベース領域Bの間の障壁が高いためコレクタ電流I_cは流れない。

【0094】第2の状態(hνあり)(図15(B)参照)

エミッタ領域Eとコレクタ領域Cの電位をそのままにした状態で光を照射した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射によってベース領域Bに電子e・正孔hが生成され、生成された正孔が、価電子帯

が凸状になっているベース領域Bの価電子帯に蓄積され、その結果、ベース領域Bの電子eに対するポテンシャルが下がるため、エミッタ領域Eからベース領域Bに注入された電子eと、光の照射によって生成された電子eはコレクタ領域Cに移動し、コレクタ電流I_cが流れる。

【0095】第3の状態(hν遮断)(図15(C)参照)

エミッタ領域Eとコレクタ領域Cの電位をそのままにした状態で光を遮断した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射を遮断するため、ベース領域Bに電子e・正孔hは生成されないが、エミッタ領域Eの不純物濃度が低いため、それ以前の光の照射によって生成された正孔が電子によって中和されることなくベース領域Bの価電子帯に蓄積され、ベース領域Bのポテンシャルが下がり、エミッタ領域Eからベース領域Bに注入された電子eが流れ、光の照射を遮断しても急速に初期状態に戻らず光によるスイッチング速度が低下する。

【0096】図16は、第11実施例の半導体光電変換装置の動作説明図であり、(A)～(C)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。この図において、Eはエミッタ領域、Bはベース領域、Cはコレクタ領域、eは電子、hは正孔である。

【0097】第1の状態(hνなし)(図16(A)参照)

エミッタ領域Eに負、コレクタ領域Cに正の電位を与え、ベース領域Bに光hνを照射しない場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、ベース領域Bに電子e・正孔hが形成されず、エミッタ領域Eとベース領域Bの間の障壁が高いためコレクタ電流I_cは流れない。

【0098】第2の状態(hνあり)(図16(B)参照)

エミッタ領域Eとコレクタ領域Cの電位をそのままにした状態で光を照射した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射によってベース領域Bに電子e・正孔hが生成され、生成された正孔が、価電子帯が凸状になっているベース領域Bの価電子帯に蓄積され、その結果、ベース領域Bの電子eに対するポテンシャルが下がるため、エミッタ領域Eからベース領域Bに注入された電子eと、光の照射によって生成された電子eはコレクタ領域Cに移動し、コレクタ電流I_cが流れる。

【0099】第3の状態(hν遮断)(図15(C)参照)

エミッタ領域Eとコレクタ領域Cの電位をそのままにした状態で光を遮断した場合のエネルギーバンドを示している。この状態では、光の照射を遮断するため、ベース領域Bに電子e・正孔hは生成されないが、エミッタ領域

Eとベース領域Bの不純物濃度が高いため、それ以前の光の照射によって生成されベース領域Bの伝導帯に蓄積された正孔によってベース領域Bのポテンシャルが低下すると、エミッタ領域Eの伝導帯の電子のポテンシャルとベース領域Bの価電子帯の正孔のポテンシャルが一致するポテンシャルの幅が大きくなり、エミッタ領域Eの伝導帯の電子がベース領域Bの価電子帯にバンド間トンネルによって移動し易くなり、その結果、ベース領域Bの価電子帯の過剰な正孔との中和を促進することになり、光の照射を遮断したときのスイッチング速度が改善される。

【0100】(第12実施例)図17は、第12実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図である。この図において、30は半絶縁性基板、31₁は第1コレクタ領域、31₂は第2コレクタ領域、31_{c1}は第1コレクタコンタクト領域、31_{c2}は第2コレクタコンタクト領域、32はベース領域、33₁は第1エミッタ領域、33₂は第2エミッタ領域、34₁は第1コレクタ電極、34₂は第2コレクタ電極、35₁は第1エミッタ電極、35₂は第2エミッタ電極、39は分離領域である。

【0101】この実施例の半導体光スイッチ装置においては、半絶縁性基板30の上に、n型の第1コレクタコンタクト領域31_{c1}、第2コレクタコンタクト領域31_{c2}、n型の第1コレクタ領域31₁、第2コレクタ領域31₂、n型のベース領域32、n型の第1エミッタ領域33₁、第2エミッタ領域33₂を堆積し、第1コレクタコンタクト領域31_{c1}に第1コレクタ電極34₁を形成し、第2コレクタコンタクト領域31_{c2}に第2コレクタ電極34₂を形成し、第1エミッタ領域33₁に第1エミッタ電極35₁を形成し、第2エミッタ領域33₂に第2エミッタ電極35₂を形成し、第1エミッタ電極35₁と第2エミッタ電極35₂をマスクにしてp型不純物をイオン注入して分離領域39を形成している。

【0102】この場合、InGaAs/InAlGaAs系半導体に対してはp型不純物としてBe、C等を用いることができる。ここで、コレクタ領域をInAlGaAsではなく、InGaAsで構成することが必要である。

【0103】このような構造の半導体光スイッチ装置の第1エミッタ電極35₁と第2エミッタ電極35₂の間に電圧を印加して電子と正孔を注入してベース領域32中で再結合させて発光させると、この光が第1コレクタ領域31₁と第2コレクタ領域31₂に達し、第1コレクタ電極34₁と第2コレクタ電極34₂の間の電流に変調を与えるため、これによりスイッチング動作が可能になる。

【0104】(第13実施例)図18は、第13実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図である。この図において、40は半絶縁性InP基板、41はn型InG

aAsバッファ層、42_cはn型InGaAsコレクタコンタクト層、42はn型InAlAsコレクタ層、43はp型InGaAsベース層、44はn型InAlAsエミッタ層であり、EO₁は半導体発光装置、OE₁、OE₂は半導体光電変換装置である。

【0105】この実施例の半導体光スイッチ装置においては、半絶縁性InP基板40の上に、n型InGaAsバッファ層41、n型InGaAsコレクタコンタクト層42_c、n型InAlAsコレクタ層42、p型InGaAsベース層43、n型InAlAsエミッタ層44を連続して成長し、これら全ての層を選択的にエッチングして孤立させ、各装置のエミッタ領域を分割し、適宜コレクタ電極Cとエミッタ電極Eを形成して、第1実施例ないし第3実施例の何れか1つの半導体発光装置EO₁と、第4実施例ないし第10実施例の何れか1つ以上の半導体光電変換装置OE₁、半導体光電変換装置OE₂を形成している。

【0106】この半導体光電変換装置OE₁は、例えば、2つのエミッタ電極の間の電流変化によって入射光を検出する形式の半導体光電変換装置を示し、半導体光電変換装置OE₂は、エミッタ電極とコレクタ電極の間の電流変化によって入射光を検出する形式の半導体光電変換装置を示しているが、半導体発光装置EO₁が放出する光によって、半導体光電変換装置OE₁、半導体光電変換装置OE₂のエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流、あるいはエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流を制御することによってスイッチングすることができる。

【0107】この実施例の半導体光スイッチ装置においては、半導体発光装置EO₁から放出された光は大気中を伝播して、半導体光電変換装置OE₁と半導体光電変換装置OE₂に入射するようになっている。

【0108】(第14実施例)図19は、第14実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。この図において、40は半絶縁性InP基板、41はn型InGaAsバッファ層、42_cはn型InGaAsコレクタコンタクト層、42はn型InAlAsコレクタ層、43はp型InGaAsベース層、44はn型InAlAsエミッタ層であり、EO₁は半導体発光装置、OE₁、OE₂は半導体光電変換装置である。

【0109】この実施例の半導体光集積回路装置においては、第12実施例と同様に、半絶縁性InP基板40の上に、n型InGaAsバッファ層41、n型InGaAsコレクタコンタクト層42_c、n型InAlAsコレクタ層42、p型InGaAsベース層43、n型InAlAsエミッタ層44を連続して成長し、n型InAlAsエミッタ層44を選択的にエッチングして孤立させ、各装置のエミッタ領域を分割し、適宜コレクタ電極Cとエミッタ電極Eを形成して、第1実施例ないし第3実施例の何れか1つの半導体発光装置EO₁と、第

4実施例ないし第10実施例の何れか1つ以上の半導体光電変換装置 OE_1 、半導体光電変換装置 OE_2 を形成している。

【0110】この実施例の半導体光集積回路装置においては、半導体発光装置 EO_1 が放出する光によって、半導体光電変換装置 OE_1 、半導体光電変換装置 OE_2 のエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流、あるいはエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流を制御することによってスイッチングすることができる。

【0111】この場合、半導体発光装置 EO_1 から放出された光はベース層を伝播して、半導体光電変換装置 OE_1 と半導体光電変換装置 OE_2 に入射するようになっているため、各装置の界面での反射損失を低減することができ、光が伝播するベース層をバンドギャップが大きいn型InAlAsコレクタ層42とn型InAlAsエミッタ層44で挟むことによって光をベース層に閉じ込め、光損失をさらに低減することができる。

【0112】(第15実施例)図20は、第15実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。この図において、40は半絶縁性InP基板、41はn型InGaAsバッファ層、42_cはn型InGaAsコレクタコンタクト層、42はn型InAlAsコレクタ層、43はp型InGaAsベース層、44はn型InAlAsエミッタ層、45は分離領域であり、 EO_1 は半導体発光装置、 OE_1 、 OE_2 は半導体光電変換装置である。

【0113】この実施例の半導体光集積回路装置においては、第12実施例と同様に、半絶縁性InP基板40の上に、n型InGaAsバッファ層41、n型InGaAsコレクタコンタクト層42_c、n型InAlAsコレクタ層42、p型InGaAsベース層43、n型InAlAsエミッタ層44を連続して成長し、n型InAlAsエミッタ層44を選択的にエッチングして孤立させ、各装置のエミッタ領域を分割し、適宜コレクタ電極Cとエミッタ電極Eを形成し、各装置の間に逆導電型の不純物あるいは酸素をイオン注入して分離領域45を形成して、第1実施例ないし第3実施例の何れか1つの半導体発光装置 EO_1 と、第4実施例ないし第10実施例の何れか1つ以上の半導体光電変換装置 OE_1 と、半導体光電変換装置 OE_2 を形成している。

【0114】この実施例の半導体光集積回路装置においては、半導体発光装置 EO_1 が放出する光によって、半導体光電変換装置 OE_1 、半導体光電変換装置 OE_2 のエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流、あるいはエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流を制御することによってスイッチングすることができる。

【0115】この場合、半導体発光装置 EO_1 から放出された光はベース層を伝播して、半導体光電変換装置 OE_1 と半導体光電変換装置 OE_2 に入射するようになっているため、各装置の界面での反射損失を低減すること

ができ、光が伝播するベース層をバンドギャップが大きいn型InAlAsコレクタ層42とn型InAlAsエミッタ層44で挟むことによって光をベース層に閉じ込め、光損失をさらに低減することができる。

【0116】そして、この実施例の半導体光集積回路装置においては、各装置が分離領域45によって電氣的に分離されているため、光の伝播を許容したままで、各装置の電気回路上の設計自由度を大きくすることができる。

【0117】(第16実施例)図21は、第16実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。この図において、40は半絶縁性InP基板、41はn型InGaAsバッファ層、42_cはn型InGaAsコレクタコンタクト層、42はn型InAlAsコレクタ層、43はp型InGaAsベース層、44はn型InAlAsエミッタ層、45は分離領域であり、HBTはマルチエミッタヘテロ接合トランジスタ、 EO_1 は半導体発光装置、 OE_1 、 OE_2 は半導体光電変換装置である。

【0118】この実施例の半導体光集積回路装置においては、第12実施例と同様に、半絶縁性InP基板40の上に、n型InGaAsバッファ層41、n型InGaAsコレクタコンタクト層42_c、n型InAlAsコレクタ層42、p型InGaAsベース層43、n型InAlAsエミッタ層44を連続して成長し、n型InAlAsエミッタ層44を選択的にエッチングして孤立させ、各装置のエミッタ領域を分割し、適宜コレクタ電極Cとエミッタ電極Eを形成し、各装置の間に逆導電型の不純物あるいは酸素をイオン注入して分離領域45を形成して、マルチエミッタヘテロ接合トランジスタHBTと、第1実施例ないし第3実施例のいずれか1つに記載された半導体発光装置 EO_1 と、第4実施例ないし第10実施例の何れか1つ以上に記載された半導体光電変換装置 OE_1 と、半導体光電変換装置 OE_2 を形成している。

【0119】この実施例の半導体光集積回路装置においては、マルチエミッタヘテロ接合トランジスタHBTによって駆動される半導体発光装置 EO_1 が放出する光によって、半導体光電変換装置 OE_1 、半導体光電変換装置 OE_2 のエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流、あるいはエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流を制御することによってスイッチングすることができる。

【0120】この場合、半導体発光装置 EO_1 から放出された光はベース層を伝播して、半導体光電変換装置 OE_1 と半導体光電変換装置 OE_2 に入射するようになっているため、各装置の界面での反射損失を低減することができ、光が伝播するベース層をバンドギャップが大きいn型InAlAsコレクタ層42とn型InAlAsエミッタ層44で挟むことによって光をベース層に閉じ込め、光損失をさらに低減することができる。

【0121】そして、この実施例の半導体光集積回路装

置においては、各装置が分離領域45によって電氣的に分離されているため、光の伝播を許容したままで、各装置の電気回路上の設計自由度を大きくすることができる。

【0122】(第17実施例)図22は、第17実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。この図において、40は半絶縁性InP基板、41はn型InGaAsバッファ層、42_cはn型InGaAsコレクタコンタクト層、42はn型InAlAsコレクタ層、43はp型InGaAsベース層、44はn型InAlAsエミッタ層、45は分離領域であり、OSWは半導体光スイッチ装置、HBTはマルチエミッタヘテロ接合トランジスタ、EO₁は半導体発光装置、OE₁、OE₂は半導体光電変換装置である。

【0123】この実施例の半導体光集積回路装置においては、第12実施例と同様に、半絶縁性InP基板40の上に、n型InGaAsバッファ層41、n型InGaAsコレクタコンタクト層42_c、n型InAlAsコレクタ層42、p型InGaAsベース層43、n型InAlAsエミッタ層44を連続して成長し、n型InAlAsエミッタ層44を選択的にエッチングして孤立させ、各装置のエミッタ領域を分割し、適宜コレクタ電極Cとエミッタ電極Eを形成し、各装置の間に逆導電型の不純物あるいは酸素をイオン注入して分離領域45を形成して、第11実施例に記載された半導体光スイッチ装置OSWと、マルチエミッタヘテロ接合トランジスタHBTと、第1実施例ないし第3実施例のいずれか1つに記載された半導体発光装置EO₁と、第4実施例ないし第10実施例の何れか1つ以上に記載された半導体光電変換装置OE₁と、半導体光電変換装置OE₂を形成している。

【0124】この実施例の半導体光集積回路装置においては、半導体光スイッチ装置OSWあるいはマルチエミッタヘテロ接合トランジスタHBTによって駆動される半導体発光装置EO₁が放出する光によって、半導体光電変換装置OE₁、半導体光電変換装置OE₂のエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流、あるいはエミッタ電極とコレクタ電極の間の電流を制御することによってスイッチングすることができる。

【0125】この場合、半導体発光装置EO₁から放出された光はベース層を伝播して、半導体光電変換装置OE₁と半導体光電変換装置OE₂に入射するようになっているため、各装置の界面での反射損失を低減することができ、光が伝播するベース層をバンドギャップが大きいn型InAlAsコレクタ層42とn型InAlAsエミッタ層44で挟むことによって光をベース層に閉じ込め、光損失をさらに低減することができる。

【0126】そして、この実施例の半導体光集積回路装置においては、各装置が分離領域45によって電氣的に分離されているため、光の伝播を許容したままで、各装

置の電気回路上の設計自由度を大きくすることができる。

【0127】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、バイポーラトランジスタにおいて、エミッタ、ベースの不純物濃度を、有効状態密度以上に高くすることにより、光照射時に生成されたベース中の過剰多数キャリアを光遮断時には、エミッタの伝導帯からバンド間のトンネルによりベースの価電子帯に注入させ、その少数キャリアにより過剰多数キャリアを中和することにより過剰多数キャリアを減少させ、光遮断時の応答時間を短縮することができるとともに、マルチエミッタヘテロ接合バイポーラトランジスタ(ME-HBT)構造にして、2つ以上のエミッタ間に電位差を設け、さらに、このエミッタの伝導帯からバンド間のトンネルによりベースの価電子帯に注入させた少数キャリアと過剰多数キャリアの中和を容易にすることができる。

【0128】さらに、ベース領域が外部に引き出されないME-HBTによって、良好な特性を有する半導体発光装置、半導体光電変換装置等の光半導体装置を実現することができ、これらの光半導体装置を同一基板上に共通の工程を施すことによって容易に集積化することができ、論理回路の高集積化、能動装置と光半導体装置との高集積化等が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のME-HBT型半導体発光装置の原理説明図である。

【図2】本発明のME-HBT型半導体光電変換装置の原理説明図であり、(A)は断面図、(B)は動作説明図である。

【図3】第1実施例の半導体発光装置の構成説明図である。

【図4】第2実施例の半導体発光装置の構成説明図である。

【図5】第2実施例の半導体発光装置の製造工程説明図であり、(A)～(C)は各工程を示している。

【図6】第3実施例の半導体発光装置の構成説明図である。

【図7】第4実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図8】第5実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図9】第6実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図10】第7実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図11】第8実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図12】第9実施例の半導体光電変換装置の構成説明図である。

【図13】第10実施例の半導体光電変換装置の動作説明図(1)であり、(A)～(C)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。

【図14】第10実施例の半導体光電変換装置の動作説明図(2)であり、(D)、(E)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。

【図15】従来の半導体光電変換装置の動作説明図であり、(A)～(C)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。

【図16】第11実施例の半導体光電変換装置の動作説明図であり、(A)～(C)は異なる状態のエネルギーバンドを示している。

【図17】第12実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図である。

【図18】第13実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図である。

【図19】第14実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。

【図20】第15実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。

【図21】第16実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。

【図22】第17実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図である。

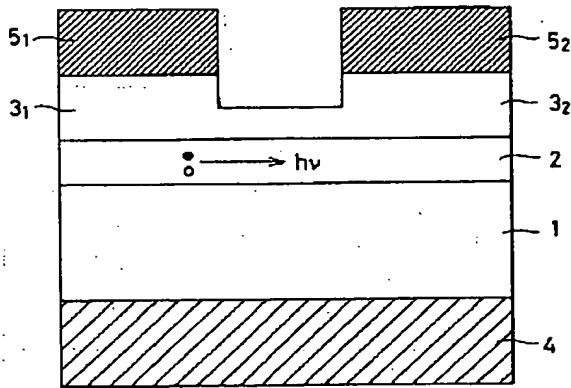
【符号の説明】

1 コレクタ領域
2 ベース領域
3₁ 第1エミッタ領域
3₂ 第2エミッタ領域
4 コレクタ電極
5₁ 第1エミッタ電極
5₂ 第2エミッタ電極
1₁ コレクタ領域
1₂ ベース領域
1_{3₁} 第1エミッタ領域
1_{3₂} 第2エミッタ領域
1₄ コレクタ電極
1_{5₁} 第1エミッタ電極
1_{5₂} 第2エミッタ電極
2₀ 半絶縁性基板
2₁ コレクタ領域
2_{1c} コレクタコンタクト領域
2₂ ベース領域
2₃ エミッタ領域
2_{3₁} 第1エミッタ領域
2_{3₂} 第2エミッタ領域
2_{3c} エミッタコンタクト層
2_{3cl} 第1エミッタコンタクト領域

2_{3c2} 第2エミッタコンタクト領域
2₄ コレクタ電極
2_{5₁} 第1エミッタ電極
2_{5₂} 第2エミッタ電極
2₆ ダミーベース電極
3₀ 半絶縁性基板
3₁ コレクタ領域
3_{1₁} 第1コレクタ領域
3_{1₂} 第2コレクタ領域
3_{1c} コレクタコンタクト領域
3_{1cl} 第1コレクタコンタクト領域
3_{1c2} 第2コレクタコンタクト領域
3₂ ベース領域
3₃ エミッタ領域
3_{3₁} 第1エミッタ領域
3_{3₂} 第2エミッタ領域
3_{3cl} 第1エミッタコンタクト領域
3_{3c2} 第2エミッタコンタクト領域
3₄ コレクタ電極
3_{4₁} 第1コレクタ電極
3_{4₂} 第2コレクタ電極
3_{5₁} 第1エミッタ電極
3_{5₂} 第2エミッタ電極
3₆ ダミーベース電極
3_{7₁} 第1エミッタ引き出し線
3_{7₂} 第2エミッタ引き出し線
3₈ 多層反射膜
3₉ 分離領域
4₀ 半絶縁性InP基板
4₁ n型InGaAsバッファ層
4₂ n型InAlAsコレクタ層
4_{2c} n型InGaAsコレクタコンタクト層
4₃ p型InGaAsベース層
4₄ n型InAlAsエミッタ層
4₅ 分離領域
B ベース領域
C コレクタ領域
E エミッタ領域
E₁ 第1エミッタ領域
E₂ 第2エミッタ領域
EO₁ 半導体発光装置
e 電子
HBT マルチエミッタヘテロ接合トランジスタ
h 正孔
OE₁, OE₂ 半導体光電変換装置
OSW 半導体光スイッチ装置
VE₁ 第1エミッタ領域の電位
VE₂ 第2エミッタ領域の電位

【図 1】

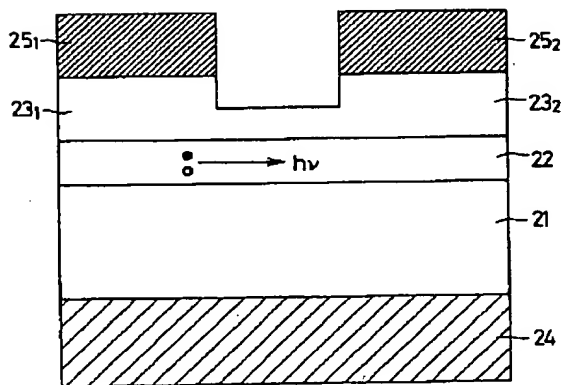
本発明のME-HBT型半導体発光装置の原理説明図



- 1 : コレクタ領域
 2 : ベース領域
 3₁ : 第1エミッタ領域
 3₂ : 第2エミッタ領域
 4 : コレクタ電極
 5₁ : 第1エミッタ電極
 5₂ : 第2エミッタ電極

【図 3】

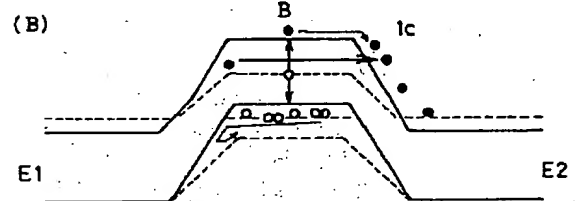
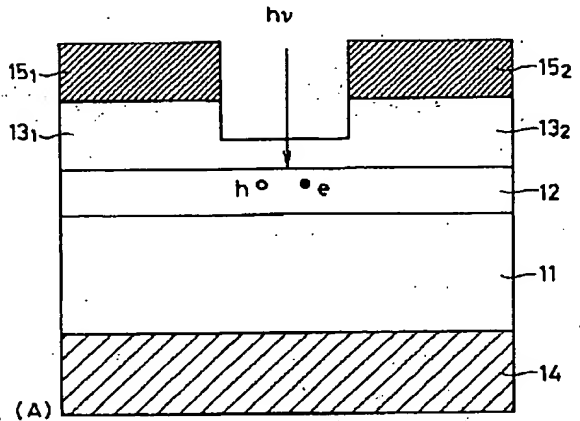
第1実施例の半導体発光装置の構成説明図



- 21 : コレクタ領域
 22 : ベース領域
 23₁ : 第1エミッタ領域
 23₂ : 第2エミッタ領域
 24 : コレクタ電極
 25₁ : 第1エミッタ電極
 25₂ : 第2エミッタ電極

【図 2】

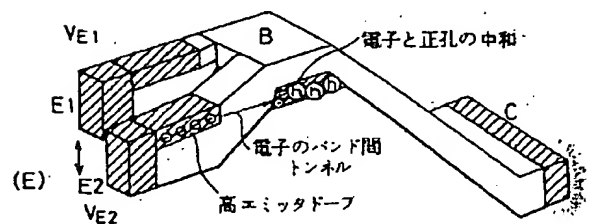
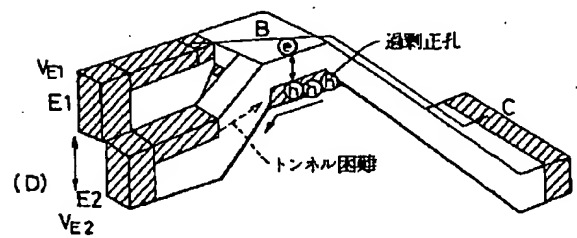
本発明のME-HBT型半導体光電変換装置の原理説明図



- 11 : コレクタ領域
 12 : ベース領域
 13₁ : 第1エミッタ領域
 13₂ : 第2エミッタ領域
 14 : コレクタ電極
 15₁ : 第1エミッタ電極
 15₂ : 第2エミッタ電極

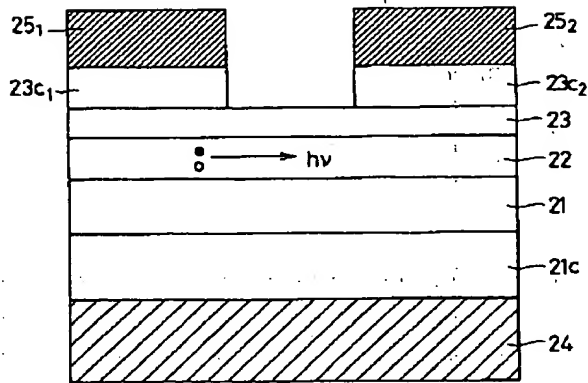
【図 14】

第10実施例の半導体光電変換装置の動作説明図 (2)



【図4】

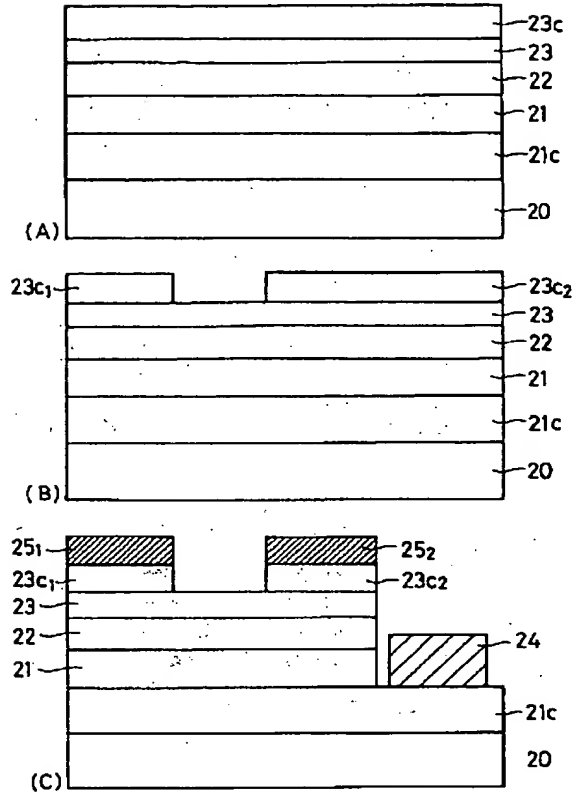
第2実施例の半導体発光装置の構成説明図



- 21 : コレクタ領域
- 21c : コレクタコンタクト領域
- 22 : ベース領域
- 23 : エミッタ領域
- 23c₁ : 第1エミッタコンタクト領域
- 23c₂ : 第2エミッタコンタクト領域
- 24 : コレクタ電極
- 25₁ : 第1エミッタ電極
- 25₂ : 第2エミッタ電極

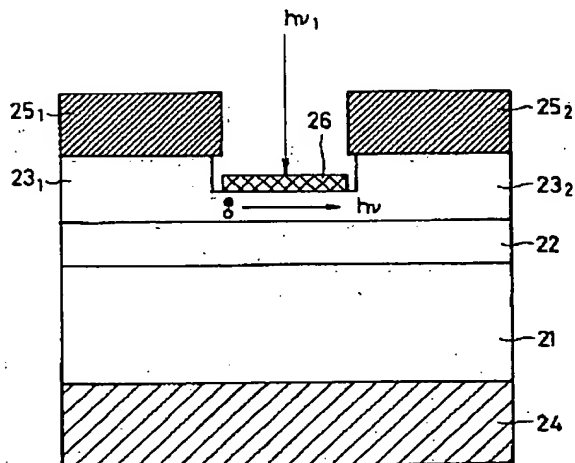
【図5】

第2実施例の半導体発光装置の製造工程説明図



【図6】

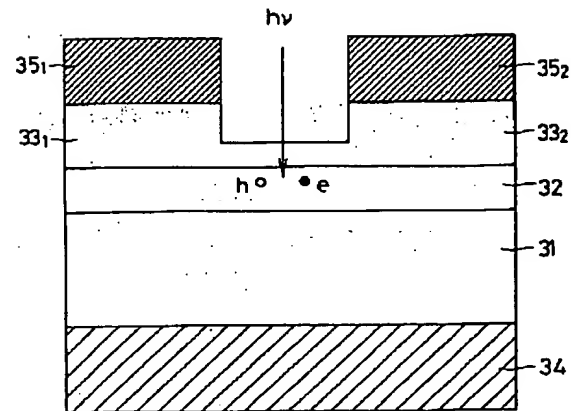
第3実施例の半導体発光装置の構成説明図



- 21 : コレクタ領域
- 22 : ベース領域
- 23₁ : 第1エミッタ領域
- 23₂ : 第2エミッタ領域
- 24 : コレクタ電極
- 25₁ : 第1エミッタ電極
- 25₂ : 第2エミッタ電極
- 26 : ダミーベース電極

【図7】

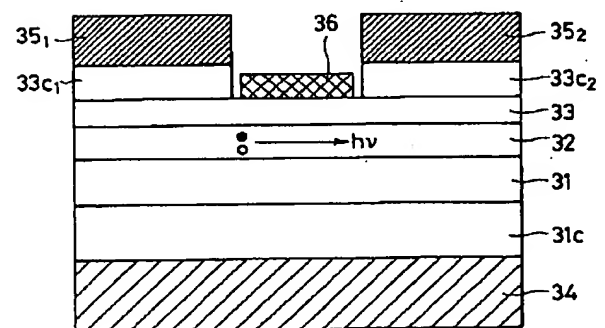
第4実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 31 : コレクタ領域
- 32 : ベース領域
- 33₁ : 第1エミッタ領域
- 33₂ : 第2エミッタ領域
- 34 : コレクタ電極
- 35₁ : 第1エミッタ電極
- 35₂ : 第2エミッタ電極

【図10】

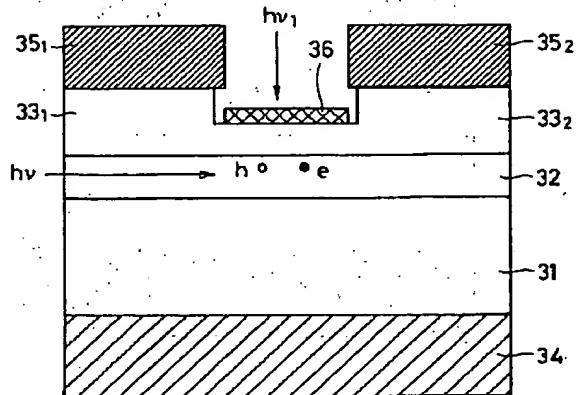
第7実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 31 : コレクタ領域
- 31c : コレクタコンタクト領域
- 32 : ベース領域
- 33 : エミッタ領域
- 33c₁ : 第1エミッタコンタクト領域
- 33c₂ : 第2エミッタコンタクト領域
- 34 : コレクタ電極
- 35₁ : 第1エミッタ電極
- 35₂ : 第2エミッタ電極
- 36 : ダミーベース電極

【図 8】

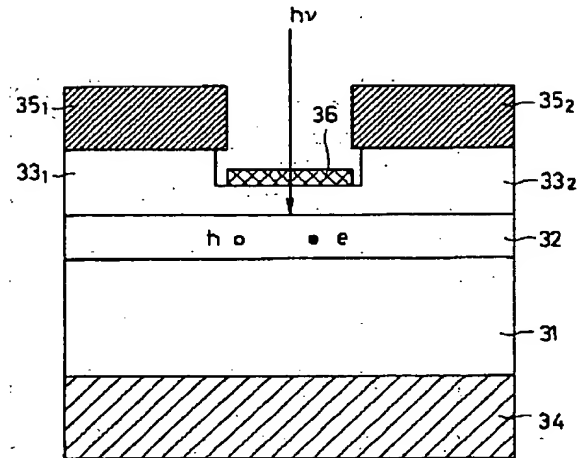
第5実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 31 : コレクタ領域
- 32 : ベース領域
- 33₁ : 第1エミッタ領域
- 33₂ : 第2エミッタ領域
- 34 : コレクタ電極
- 35₁ : 第1エミッタ電極
- 35₂ : 第2エミッタ電極
- 36 : ダミーベース電極

【図 9】

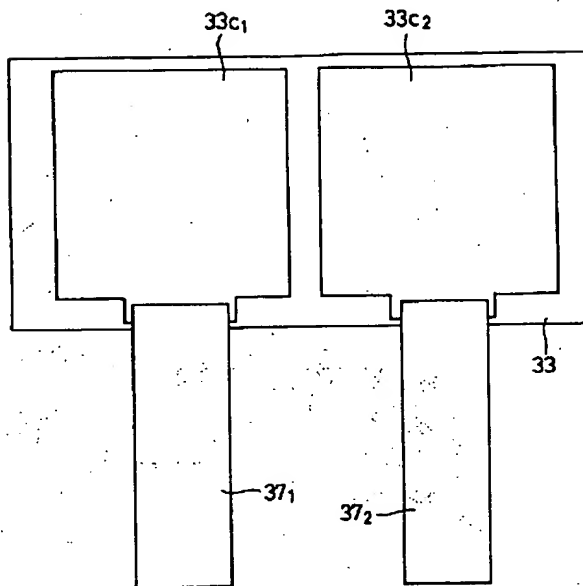
第6実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 31 : コレクタ領域
- 32 : ベース領域
- 33₁ : 第1エミッタ領域
- 33₂ : 第2エミッタ領域
- 34 : コレクタ電極
- 35₁ : 第1エミッタ電極
- 35₂ : 第2エミッタ電極
- 36 : ダミーベース電極

【図 11】

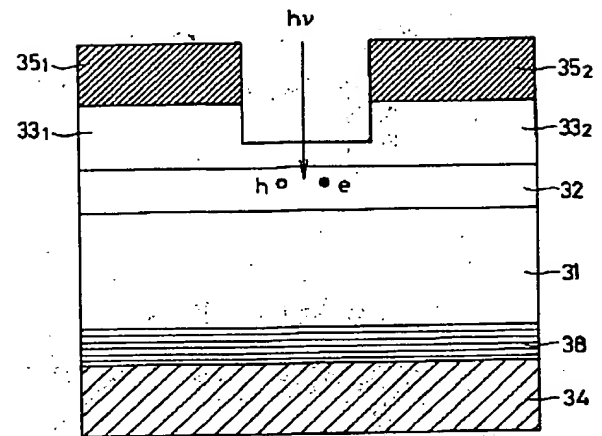
第8実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 33 : エミッタ領域
- 33c1 : 第1エミッタコンタクト領域
- 33c2 : 第2エミッタコンタクト領域
- 371 : 第1エミッタ引き出し線
- 372 : 第2エミッタ引き出し線

【図 12】

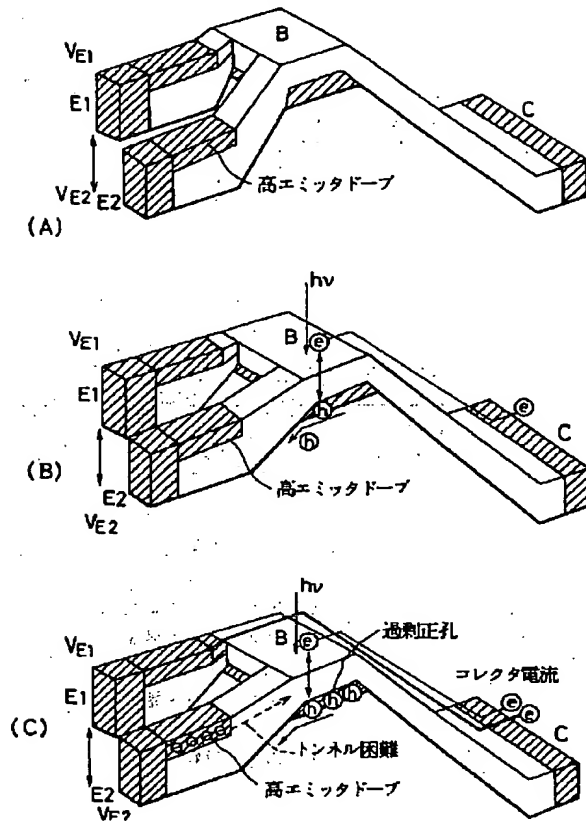
第9実施例の半導体光電変換装置の構成説明図



- 31 : コレクタ領域
- 32 : ベース領域
- 331 : 第1エミッタ領域
- 332 : 第2エミッタ領域
- 34 : コレクタ電極
- 351 : 第1エミッタ電極
- 352 : 第2エミッタ電極
- 38 : 多層反射膜

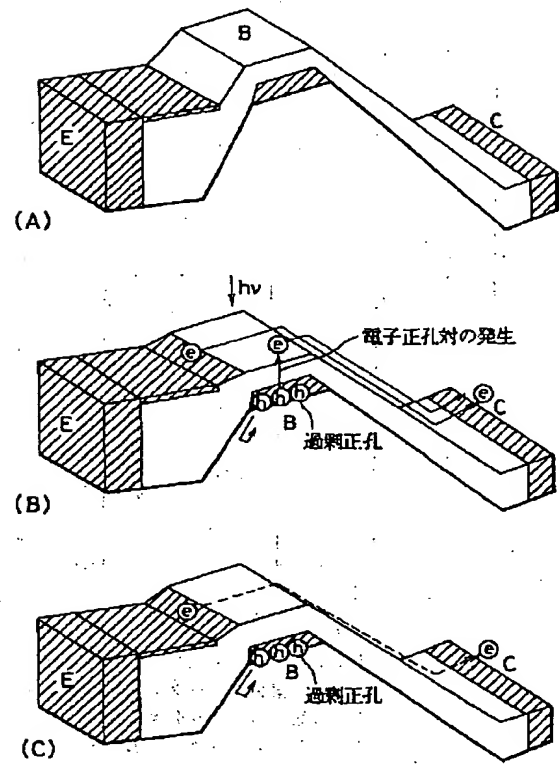
【図13】

第10実施例の半導体光電変換装置の動作説明図(1)



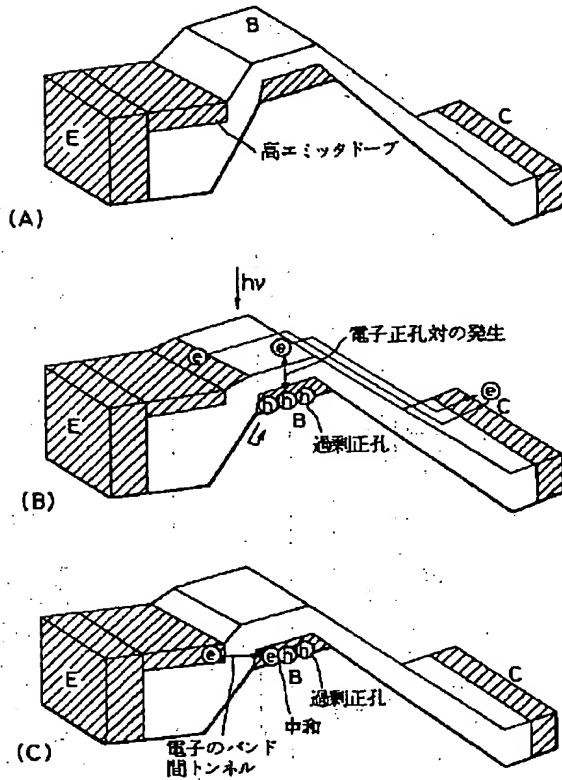
【図15】

従来の半導体光電変換装置の動作説明図



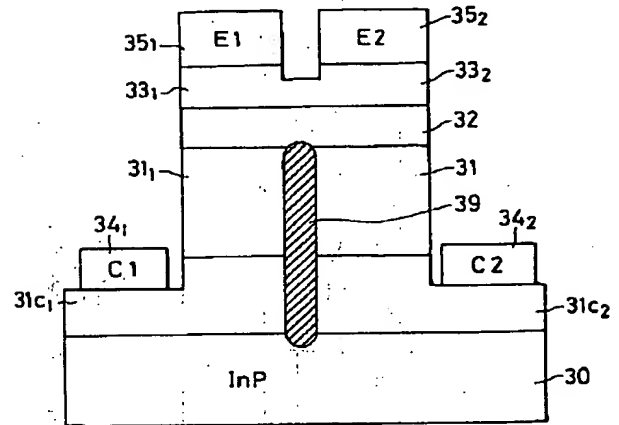
【図16】

第11実施例の半導体光電変換装置の動作説明図



【図17】

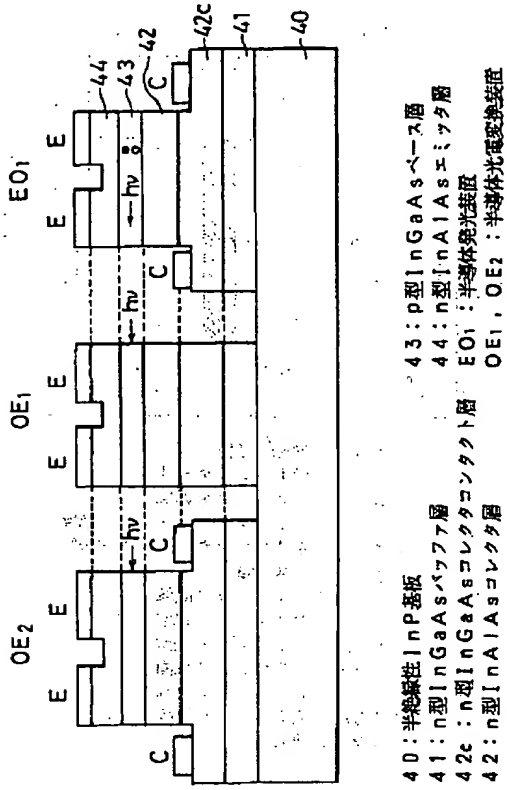
第12実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図



- 30 : 半絶縁性基板
- 31₁ : 第1コレクタ領域
- 31₂ : 第2コレクタ領域
- 31c₁ : 第1コレクタコンタクト領域
- 31c₂ : 第2コレクタコンタクト領域
- 32 : ベース領域
- 33₁ : 第1エミッタ領域
- 33₂ : 第2エミッタ領域
- 34₁ : 第1コレクタ電極
- 34₂ : 第2コレクタ電極
- 35₁ : 第1エミッタ電極
- 35₂ : 第2エミッタ電極
- 39 : 分離領域

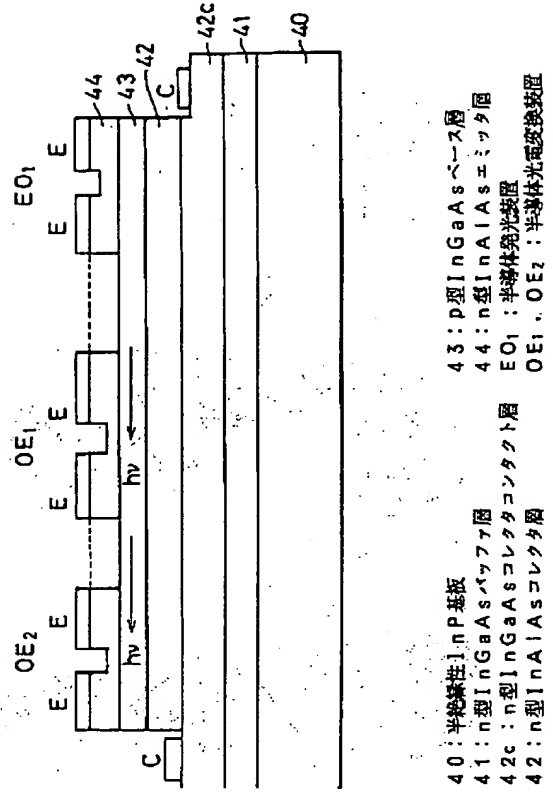
【図18】

第13実施例の半導体光スイッチ装置の構成説明図



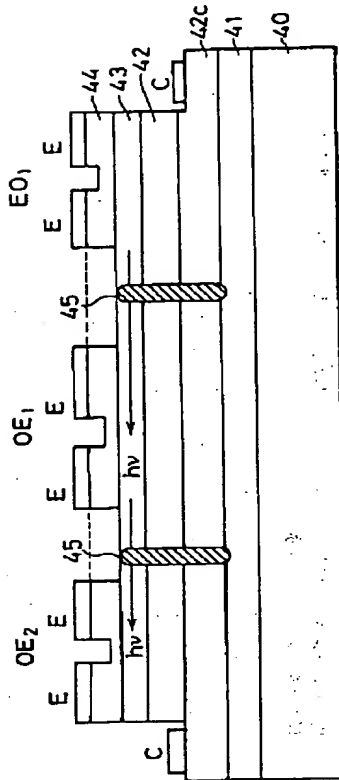
【図19】

第14実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図



【図20】

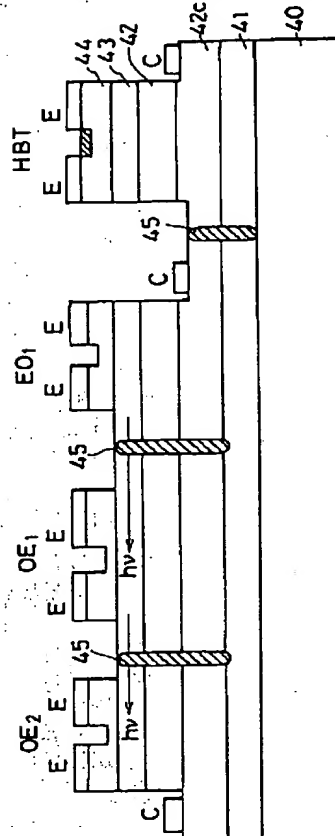
第15実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図



- 40: 半絶縁性InP基板
 41: n型InGaAsバッファ層
 42c: n型InGaAsコレクタコンタクト層
 43: p型InGaAsベース層
 44: n型InAlAsエミッタ層
 45: 分極領域
 EO₁: 半導体発光素子
 OE₁, OE₂: 半導体光電変換装置

【図21】

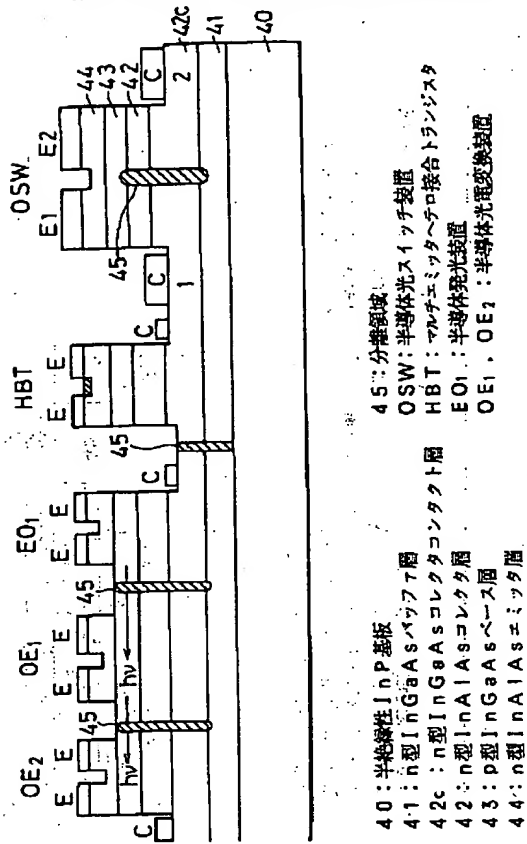
第16実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図



- 40: 半絶縁性InP基板
 41: n型InGaAsバッファ層
 42c: n型InGaAsコレクタコンタクト層
 43: p型InGaAsベース層
 44: n型InAlAsエミッタ層
 45: 分極領域
 HBT: マルチエミッタヘテロ接合トランジスタ
 EO₁: 半導体発光素子
 OE₁, OE₂: 半導体光電変換装置

【図22】

第17実施例の半導体光集積回路装置の構成説明図



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 1 L 21/331

29/73

31/0264

31/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 31/08

31/10

L

A